

**UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA**



**“IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA DEL MANTENIMIENTO  
CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD (MCC) PARA MEJORAR EL PLAN  
DE MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS CRÍTICOS EN  
GALVANOMETAL PERÚ S.A.C.”**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**  
Para optar el Título Profesional de  
**INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER**

LEON CARDENAS, JESUS DANIEL

Villa el Salvador  
2020

## **DEDICATORIA**

A mis padres, Elizabeth y Fernando, por su amor y comprensión que me han formado como la persona que soy en la actualidad; este logro importante se los debo a ustedes.

J.L.

## **AGRADECIMIENTO**

A mi casa de estudios, Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur, por darme la bienvenida al mundo como tal y transmitirme los conocimientos suficientes para alcanzar mis objetivos académicos.

A mi asesora la Dra. Ing. Murillo, por la orientación y ayuda que me brindó para la realización de este trabajo de investigación.

A las empresas en las que he laborado: CELSA, CALAMINON, Galvanometal Perú S.A.C. y otros, por la experiencia laboral única que me han otorgado y que respalda mis acciones profesionales del día a día.

J.L.

## ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
OBJETIVOS .....	3
a. General .....	3
b. Específicos.....	3
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO.....	4
1.1 Bases Teóricas:.....	4
1.1.1 Marco teórico general .....	4
1.1.2 Marco teórico específico .....	6
1.2 Definición de términos básicos: .....	36
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA DE DESARROLLO DEL TRABAJO PROFESIONAL ....	38
2.1 Delimitación temporal y espacial del trabajo.....	38
2.1.1 Temporal .....	38
2.1.2 Espacial .....	38
2.2 Determinación y análisis del problema: .....	38
2.2.1 Descripción del problema.....	38
2.2.2 Justificación de problema.....	39
2.3 Modelo de solución propuesto.....	40
2.3.1 Elección de los equipos críticos de Galvanometal Perú S.A.C. ....	40
2.3.2 Plan de mantenimiento actual de los equipos críticos .....	42
2.3.3 Indicadores actuales: Tiempo medio entre fallas (MTBF), Tiempo medio de reparación (MTTR) y Confiabilidad (R) de los equipos críticos.....	43
2.3.4 Designación del grupo de revisión MCC .....	43
2.3.5 Elaboración de la Hoja de Información MCC.....	44
2.3.6 Levantamiento de datos de las Hoja de Decisión MCC.....	50
2.3.7 Nuevo plan de mantenimiento preventivo de Polipasto de Cadena.....	51
2.3.8 Nuevos cálculos de Indicadores actuales MTBF, MTTR y R de los equipos críticos .....	52

2.4 Resultados .....	53
2.4.1 Comparación de los mantenimientos preventivos de los equipos críticos. ....	53
2.4.2 Porcentaje del cumplimiento del plan de producción 2019 y la propuesta de mejora gracias a la implementación del MCC .....	54
CONCLUSIONES .....	55
RECOMENDACIONES .....	56
BIBLIOGRAFÍA.....	57
ANEXOS.....	58
Anexo 1. Matriz de consistencia .....	58
Anexo 2. Lista maestra Galvanometal Perú S.A.C. ....	59
Anexo 3. Historial de fallas de PP-06 del año 2019.....	60
Anexo 4. Hoja de identificación de Polipasto de Cadena PP-06.....	61
Anexo 5. Juntas de charlas y capacitaciones del Grupo de Revisión MCC. ....	62

## LISTADO DE FIGURAS

Figura N° 1: Matriz de criticidad .....	9
Figura N° 2: Marguen de deterioro .....	11
Figura N° 3: Activo físico mantenible .....	11
Figura N° 4: Describiendo funciones.....	12
Figura N° 5: Estado general de Falla .....	13
Figura N° 6: Diferentes puntos de vista de las fallas .....	13
Figura N° 7: Describiendo fallas funcionales .....	14
Figura N° 8: Modos de Falla .....	15
Figura N° 9: Modo de Falla, Categoría 1 .....	16
Figura N° 10: Modo de Falla, Categoría 2.....	17
Figura N° 11: Modo de Falla, Categoría 3.....	18
Figura N° 12: La hoja de información de MCC .....	20
Figura N° 13: Evaluación de las consecuencias de falla .....	22
Figura N° 14: Absolutamente predecible .....	23
Figura N° 15: Fallas relacionadas con la edad .....	23
Figura N° 16: Fallas que no están relacionadas a la edad .....	25
Figura N° 17: La curva P – F .....	26
Figura N° 18: Proceso de selección de tareas .....	27
Figura N° 19: Acciones a falta de .....	28
Figura N° 20: Proceso de decisión de búsqueda de falla .....	30
Figura N° 21: Hoja de Decisión MCC.....	32
Figura N° 22: Criterios de factibilidad técnica .....	33
Figura N° 23: Leyenda de preguntas de los criterios de factibilidad .....	34
Figura N° 24: Grupo de revisión MCC .....	34
Figura N° 25: Clasificación de Criticidad de Polipasto .....	41
Figura N° 26: Designación de funciones para el grupo de revisión MCC .....	43
Figura N° 27: Cronograma de las charlas y capacitación del grupo de revisión MCC.....	44

## LISTADO DE TABLAS

Tabla 1: Factores de frecuencia y consecuencia .....	9
Tabla 2: Análisis CTR en Proceso Principal de Galvanizado.....	40
Tabla 3: Análisis CTR en Proceso Secundario de Galvanizado.....	41
Tabla 4: Mantenimiento preventivo actual de Polipasto con cadena 2tn .....	42
Tabla 5: Determinación de Subsistemas y Funciones de Polipasto de Cadena 2tn .....	44
Tabla 6: Hoja de información MCC de polipasto de cadena .....	49
Tabla 7: Hoja de decisiones MCC de polipasto de cadena 2tn .....	50
Tabla 8: Propuesta de mantenimiento preventivo de Polipasto de cadena 2tn .....	51
Tabla 9: Comparación del modelo actual con el nuevo modelo de mantenimiento .....	53
Tabla 10: Porcentaje de cumplimiento mensual 2019 y relación con fallas de PP-06.....	54

## RESUMEN

La presente investigación se desarrolló en la empresa Galvanometal Perú S.A.C, en el cual participaron el equipo de mantenimiento y el área de producción, el propósito de la investigación consistió en reducir el tiempo de paradas de la producción por motivo de fallas en los equipos críticos de la empresa, y a su vez aumentar el porcentaje confiabilidad para así cumplir con los planes de producción establecidos por la gerencia de operaciones.

El presente estudio se justificó por cuanto posee valor teórico, utilidad práctica y en base a los beneficios netos que genera en el proceso del cumplimiento de producción de una planta industrializada. El referencial teórico se fundamenta en el concepto del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad escrito por John Moubray, quien sustenta la metodología para una correcta implementación del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad.

Los resultados evidenciaron una implementación adecuada y efectiva en la reducción del tiempo de paradas por mantenimiento correctivos, el aumento de la confiabilidad de los equipos críticos y el aumento del cumplimiento de los planes de producción. Concluyéndose que el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad requiere un proceso de implementación estructurado, el cuál necesita el apoyo tanto del área de mantenimiento como el área de producción para poder llevarse a cabo y lograr los beneficios que se han obtenido.

Palabras clave: confiabilidad, plan de mantenimiento, indicadores de mantenimiento, equipos críticos



## INTRODUCCIÓN

Para el desarrollo del presente trabajo de investigación “Implementación de la Metodología del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (MCC) para mejorar el Plan de Mantenimiento de los equipos críticos en Galvanometal Perú S.A.C.” se consideró como antecedente principal a John Moubray con su libro “Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad”, así mismo a René Alfaro con su trabajo de “Implementación de un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para la planta de golosinas NESTLÉ PERÚ”, finalmente a la investigación de Salvador Barreda con “Plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad en la EDAR DE NULES-VILAVELLA”.

Para la investigación se formula el problema general de la siguiente manera: ¿Cómo implementar la metodología del mantenimiento centrado en la confiabilidad (MCC) para mejorar el plan de mantenimiento de los equipos críticos en Galvanometal Perú S.A.C.?, interrogante que a través de la investigación se ha dado respuesta.

El motivo fundamental de la investigación considera conocer la metodología del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (MCC) y como esta repercute en la reducción del tiempo de paradas por fallas de los equipos críticos y el aumento del porcentaje de confiabilidad de estas mismas, en función de las necesidades de la empresa. Así mismo, los resultados obtenidos de la investigación servirán de base para incentivar futuros estudios sobre los cálculos de los indicadores de mantenimientos de los equipos semicríticos de la empresa, así como propuestas de cómo optimizar la gestión de plan de mantenimiento usando otras metodologías, como la del Mantenimiento Productivo Total (MTP).

El objetivo principal es implementar la metodología del M.C.C. analizando los modos y efectos de falla de los equipos críticos en Galvanometal Perú S.A.C. Así mismo para un estudio sistematizado del problema, la investigación se ha estructurado de la siguiente manera:

CAPÍTULO I: Se menciona los antecedentes del trabajo de investigación, tanto nacionales como internacionales. Además, se brinda toda la información teórica y aplicativa sobre el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad. Todo esto complementándose con la definición de los términos básicos que se han utilizado a lo largo del proyecto.

CAPÍTULO II: Se delimita temporal y espacialmente el alcance del trabajo de investigación, explicando las razones y las justificaciones del porqué se realizó tales actividades. Del cual, se presenta el modelo de solución, alcanzando los objetivos planteados al inicio del presente trabajo de investigación.

Para finalizar la investigación se redactan las conclusiones, recomendaciones y se describe la referencia bibliográfica utilizada como también se consideran los anexos con información que valida la investigación realizada.

## OBJETIVOS

### a. General

Implementar la metodología del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad analizando los modos y efecto de fallas de los equipos críticos en Galvanometal Perú S.A.C.

### b. Específicos

1. Reducir el tiempo de paradas por fallas tomando como referencia los indicadores Tiempo Medio Entre Fallas (MTBF) y Tiempo Medio Para Reparar (MTTR) en la línea de producción principal en Galvanometal Perú S.A.C.
2. Aplicar la metodología del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad para aumentar el porcentaje de Confiabilidad (R) de los equipos críticos en la línea de producción principal en Galvanometal Perú S.A.C.
3. Comparar el porcentaje de cumplimiento de los planes de producción diaria con los indicadores utilizados por la gerencia de operaciones antes y después de la implementación de la metodología del MCC.

## **CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO**

### **1.1 Bases Teóricas:**

#### **1.1.1 Marco teórico general**

Alfaro, R. (2016) en su trabajo de suficiencia profesional “Implementación de un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad (MCC) para planta golosinas NESTLE PERÚ” sustentada en la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur concluye que: a) con el plan de implementación del proceso de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad en la planta NESTLE PERÚ, se redujo considerablemente los costos debido al mantenimiento y aumentó la confiabilidad del equipo más crítico llamado SUPERCAVEMIL. Dicha implementación tuvo sus complicaciones principales al no tener actualizada un historial de fallas y tener personal nuevo operando las máquinas. b) Para lograr este objetivo se realizó un análisis de mejorabilidad a todos los sistemas de la planta de golosinas, teniendo en prioridad las máquinas más críticas. Dicho análisis se realizó con el personal debidamente seleccionado de todas las áreas relacionadas a los activos, obteniendo buenos resultados grupales. c) Finalmente, teniendo en cuenta los resultados se definió los roles y responsabilidades de mantenimiento preventivo y correctivo que se designó a cada uno de los miembros del grupo de trabajo y así se estableció la matriz de responsabilidades con los mecánicos y maquinistas del activo crítico.

Poveda, A. (2011) en su artículo científico “Aplicación de la metodología de mantenimiento centrado en la confiabilidad para el desarrollo de planes de mantenimiento” presentada en la Escuela Superior Politécnica del Litoral concluye que a) el proceso del MCC desarrolla el nivel técnico del personal de producción debido a que permite que se familiaricen con las instalaciones y su funcionamiento. b) El proceso del MCC desarrolla un documento en el cual se registra los eventos que causan pérdidas de función, de manera que sirve como un catálogo de fallas en el cual el personal de mantenimiento

puede recurrir para detectar y diagnosticar fallas. c) En el proceso de desarrollo de planes de mantenimiento mediante la metodología del MCC se enfoca en la aplicación de tareas de mantenimiento de acuerdo a los eventos que causan la indisponibilidad de los sistemas. De esta manera es que se realiza solo las actividades necesarias para seguir cumpliendo las funciones que el usuario desea, reduciendo costos de mantenimiento por tareas innecesarias. d) Logra así la reducción del 60% del mantenimiento preventivo, mientras que el mantenimiento a condición aumenta en 40%. Esto se debe a que existen condiciones que indican la ocurrencia de una falla y que antes del proceso del MCC no se consideraban.

Barreda, S. (2015) en su tesis “Plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad (MCC) en la Edar de Nules-Vilavella” sustentada en la Universidad Jaume I concluye que a) con la metodología MCC. se logra realizar un análisis profundo y detallado de cada avería para seleccionar la tarea de mantenimiento más adecuada para subsanarla. Donde gracias a este proyecto se llega a tener un mayor conocimiento de la planta, conociendo los equipos con los que se deberá prestar una mayor atención, y también cuáles serán las causas de avería en estos equipos. En algunos casos, se llega a la conclusión que varios de los modos de avería son provocados por la misma tarea de mantenimiento, de manera que es importante intentar evitar el sobre mantenimiento de los equipos. Otro punto fundamental que menciona en su tesis, es que no debemos exigir a los equipos que trabajen por encima de su capacidad funcional, ya que esto se traduce en una sobrecarga en el equipo que aumenta considerablemente el riesgo de falla funcional. Se puede ver que la aplicación del nuevo plan de mantenimiento es totalmente viable. Especialmente los costes de mano de obra son los que tienen una mayor reducción, y esto es consecuencia a que muchas de las tareas relacionadas anteriormente se pueden considerar como redundantes.

## 1.1.2 Marco teórico específico

### 1.1.2.1 Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad

En las últimas dos décadas, el mantenimiento ha estado en constante cambio, quizás más que cualquier otra disciplina gerencial. Tales cambios principalmente se deben al enorme incremento en número y en diversidad de los activos físicos que deben ser mantenidos y conservados en todo el mundo (Moubray, 2004, p.1).

Moubray (2004), llega a la conclusión de que “el enfoque tradicional de los planes de mantenimiento programado se basa en el concepto de que cada ítem que forma parte de un equipo complejo tiene ‘una edad cierta’ a la cual es necesario un reemplazo completo para asegurar la confiabilidad en seguridad y operatividad” (p.322). Sin embargo, Moubray también nos indica que, a lo largo del tiempo, se ha descubierto que muchos tipos de fallas no pueden ser prevenidas o minimizadas en forma efectiva por dichas actividades de mantenimiento, por mucho que fueran realizadas de manera intensa.

La primera industria en tener en cuenta esto fue la de la aviación civil internacional. Sobre la base de investigaciones que cambian muchas de nuestras creencias firmes y sostenidas respecto al mantenimiento, esta industria desarrolló un marco estratégico completamente nuevo de manera que cada activo continúe haciendo aquello que sus usuarios quieren que haga. Esta metodología se conoce dentro de la industria de la aviación como MSG3, y fuera de esta como Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad.<sup>1</sup>

Moubray (2004) nos define Mantenimiento como: “asegurar que los activos físicos continúen haciendo lo que sus usuarios quieren que hagan”. Mientras que Mantenimiento Centrado en Confiabilidad como:

---

<sup>1</sup> MOUBRAY, John. *Mantenimiento centrado en la confiabilidad*, USA, Aladon LLC, 2004, prefacio.

“Un proceso utilizado para determinar qué se debe hacer para asegurar que cualquier activo físico continúe haciendo lo que sus usuarios quieren que haga en su contexto operacional actual” (p.7).

### **MCC: Las siete preguntas básicas**

Tanto Moubray (2004) y la norma SAE JA1011<sup>2</sup> (1999) establecen que el proceso del MCC formula siete preguntas acerca del activo o sistema que se intenta mantener, estas son:

- a. ¿Cuáles son las funciones y los parámetros de funcionamiento asociados al activo en su actual contexto operacional (funciones)?
- b. ¿De qué manera falla en satisfacer dichas funciones (fallas funcionales)?
- c. ¿Cuál es la causa de cada falla funcional (modos de falla)?
- d. ¿Qué sucede cuando ocurre cada falla (efectos de falla)?
- e. ¿En qué sentido es importante cada falla (consecuencias de falla)?
- f. ¿Qué puede hacerse para prevenir o predecir cada falla (tareas proactivas e intervalos de tarea)?
- g. ¿Qué debe hacerse si no se encuentra una tarea proactiva adecuada (acciones predeterminadas)?

“Cualquier proceso MCC debe asegurarse de responder satisfactoriamente las siete preguntas y, además, ser respondidas en la secuencia que se muestra” (SAE JA1011, 1999, p.6).

---

<sup>2</sup> Norma SAE JA101, *Evaluation Criteria for MCC processes*, USA, SAE, 1999

## **Análisis de criticidad total por riesgo (CTR)**

Parra y Crespo (2001), nos recomienda que antes de iniciar el proceso del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad, debemos determinar cuáles serán los equipos que se someterán a dicho proceso. Por lo que será necesario realizar un análisis de criticidad para determinar el nivel de riesgo que representa dicho activo. Parra y Crespo (2001) define el análisis de criticidad como “una metodología que permite jerarquizar sistemas, instalaciones y equipos, en función de su impacto global, con el fin de optimizar el proceso de asignación de recursos (económicos, humanos y técnicos)” (p.6).

A continuación, Parra y Crespo (2001) nos presentan de forma detallada las expresiones utilizadas para jerarquizar los sistemas:

$$CTR = FF \times C \dots \dots \dots (1)$$

$$C = (IO \times FO) + CM + SHA \dots \dots \dots (2)$$

Dónde

- Factor de Frecuencia (FF)
- Impacto operacional (IO)
- Factor de Flexibilidad Operacional (FO)
- Costos de Mantenimiento (CM)
- Impacto, Seguridad y Ambiente (SHA)

Los criterios de evaluación se ven en el siguiente cuadro:



<b>FACTOR DE FRECUENCIA (FF)</b>	
DESCRIPCIÓN	PUNTAJE
FRECUENTE, MÁS DE 2 EVENTOS AL AÑO	4
PROBABLE, 1 - 2 EVENTOS AL AÑO	3
POSIBLE, 0.5 A 1 EVENTO AL AÑO	2
IMPROBABLE, MENOS DE 0.5 AL AÑO	1
<b>FACTORES DE CONSECUENCIAS</b>	
IMPACTO OPERACIONAL (IO)	PUNTAJE
PÉRDIDAS MAYORES 75% PRODUCCIÓN	10
PÉRDIDAS 50% A 75% PRODUCCIÓN	7
PÉRDIDAS 25% A 49% PRODUCCIÓN	5
PÉRDIDAS 10% A 24% PRODUCCIÓN	3
PÉRDIDAS MENORES 10% PRODUCCIÓN	1
FACTOR FLEXIBILIDAD OPERACIONAL (FO)	PUNTAJE
NO SE CUENTA CON STOCK PARA REPUESTOS	4
SE CUENTA CON STOCK PARCIAL PARA REPUESTOS	2
SE CUENTA CON STOCK DISPONIBLE	1
COSTOS DE MANTENIMIENTO (CM)	PUNTAJE
MAYOR A 20.000 DÓLARES	2
MENOR A 20.000 DÓLARES	1
IMPACTO SEGURIDAD, HIGIENE Y AMBIENTE (SHA)	PUNTAJE
RIESGO ALTO DE PÉRDIDA DE VIDA	8
RIESGO MEDIO DE PÉRDIDA DE VIDA	6
RIESGO MÍNIMO DE PÉRDIDA DE VIDA	3
NO EXISTE RIESGO DE PÉRDIDA DE VIDA	1

Tabla 1: Factores de frecuencia y consecuencia  
Fuente: Parra y Crespo, 2001

La matriz de criticidad mostrada a continuación permite jerarquizar los sistemas en tres áreas, como se ve en la Figura N° 1.

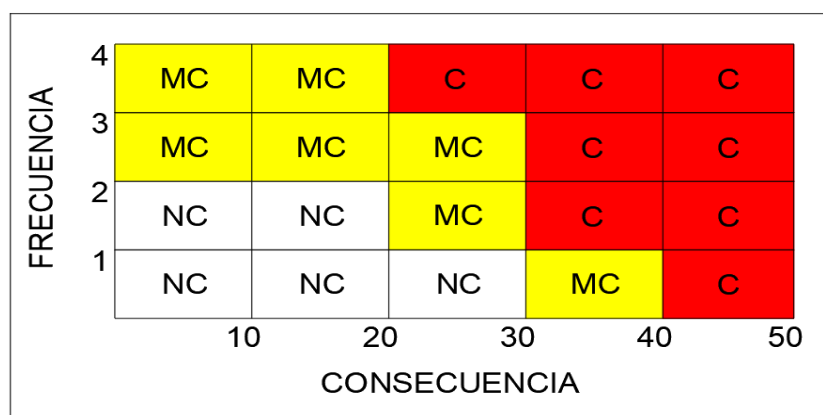


Figura N° 1: Matriz de criticidad  
Fuente: Parra y Crespo, 2001

Dónde:

Área de Sistemas No Críticos (NC)

Área de Sistemas de Media Criticidad (MC)

Área de Sistemas Críticos (C)

## 1. Funciones y parámetros de funcionamiento de los activos<sup>3</sup>

“El primer paso en el proceso de MCC es definir cuáles son las funciones de cada activo en su contexto operacional, junto con los parámetros de funcionamiento deseados” (Moubray, 2004, p.7).

Las funciones que considera Moubray son las siguientes:

**Funciones primarias:** Es el porqué de la adquisición del activo. Este tipo de función cubre aspectos como producción, velocidad, capacidad de carga o almacenaje, servicio al cliente y calidad de producto.

**Funciones secundarias:** Es lo que se espera que haga cada activo más que solo cubrir sus funciones primarias. Es decir, expectativas relacionadas con las áreas de control, seguridad, contención, integridad estructural, confort, economía, eficiencia operacional, protección, cumplimiento de regulaciones ambientales, y hasta apariencia del activo.

Según el aporte de Moubray se puede resumir en lo siguiente: “la definición de una función consiste de un verbo, un objeto y el estándar de funcionamiento deseado por el usuario” (p.23).

“Las leyes de la física nos dicen que cualquier sistema organizado que es expuesto al mundo real se deteriorará. (...) Entonces si el deterioro es inevitable, debe ser tolerable. Esto significa que cuando

---

<sup>3</sup> Se busca responder a la primera de las 7 preguntas básicas en la implementación del MCC.

cualquier activo físico es puesto en funcionamiento debe ser capaz de rendir más que el estándar mínimo de funcionamiento deseado por el usuario” (Moubray, 2004, p.24). Podemos concluir que para que un activo físico sea mantenible, el funcionamiento deseado debe estar dentro del margen de su capacidad inicial, tal como se indica en la Figura N° 2 y Figura N° 3.

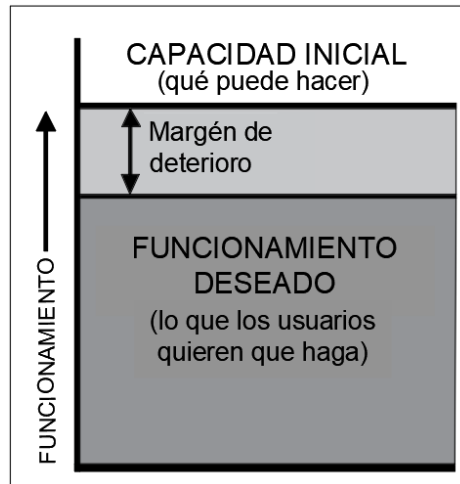


Figura N° 2: Marguen de deterioro  
Fuente: SAE JA1012, 2002



Figura N° 3: Activo físico mantenible  
Fuente: Moubray, 2004

### Manera de enlistar las funciones

La mejor forma de definir con precisión los objetivos de desempeño es cuantificar las funciones de los activos. Esto asegura que se conozca exactamente qué se quiere, asegurando que las actividades de

mantenimiento se enfoquen hacia las necesidades reales de los usuarios (Moubray, 2004, p.47).

Como se aprecia en la Figura N°4, las funciones se alistan en la columna izquierda de la hoja de información de MCC. Se empezará escribiendo las funciones primarias, y se enumeran como se muestra en la misma figura.

RCM II HOJA DE INFORMACIÓN		SISTEMA
		SUBSISTEMA
FUNCIÓN		
1	Función primaria 1	
2	Función primaria 2	
3	Función secundaria 1	
4	Función secundaria 2	
5	Función secundaria 3	

Figura N° 4: Describiendo funciones  
Fuente: Moubray, 2004

## 2. Fallas funcionales de los activos<sup>4</sup>

“Los estados de fallas son conocidos como fallas funcionales porque ocurren cuando el activo no puede cumplir una función de acuerdo al parámetro de funcionamiento que el usuario considera aceptable” (Moubray, 2004, p.9). Esto se detalla en la gráfica que se muestra en la Figura N° 5.

<sup>4</sup> Se busca responder a la segunda de las 7 preguntas básicas en la implementación del MCC.

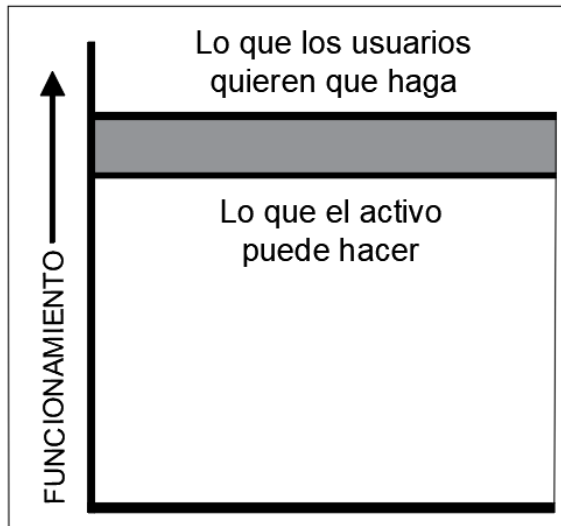


Figura N° 5: Estado general de Falla  
Fuente: Moubray, 2004

### Falla total y parcial

“Esta falla funcional cubre a pérdida total de la función, también abarca situaciones en que las que aún funcionan, pero fuera de los límites admisibles” (Moubray, 2004, p.9). Por lo que una pérdida parcial de una función generalmente proviene de modos de fallas distintos, y las consecuencias casi siempre son diferentes. Por lo que es importante que todas las fallas funcionales se registren asociadas a cada función.

### ¿Quién debería establecer los estándares de falla funcional de un activo?

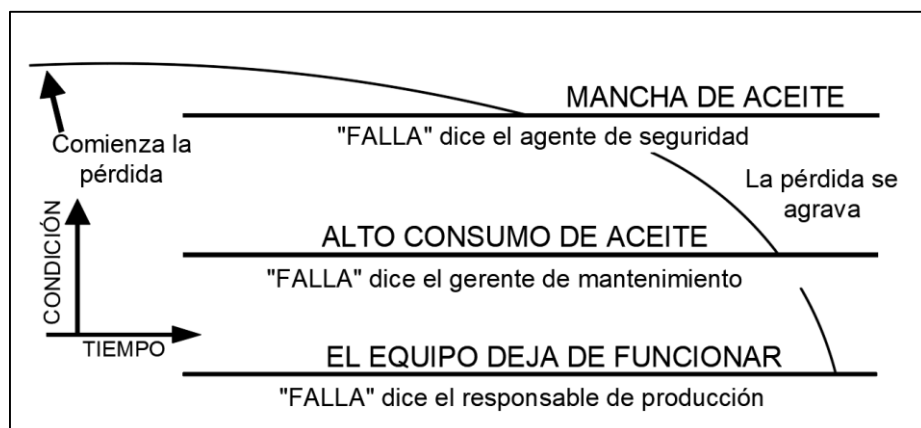


Figura N° 6: Diferentes puntos de vista de las fallas  
Fuente: Moubray, 2004

Moubray nos explica cuán importante es que se defina qué viene a ser la falla de un activo. En su gráfico, Figura N°6, nos hace ver el panorama que muchas veces enfrenta las personas de mantenimiento al momento de realizar el mantenimiento proactivo. Se logra apreciar cómo, para las distintas áreas involucrados a un activo, pueden tener diferentes conceptos de lo que significa una “FALLA” de un activo.

“Los estándares de mantenimiento deben ser establecidos por el personal de mantenimiento y de operaciones trabajando en conjunto con cualquier otra persona que tenga algo legítimo que decir acerca del comportamiento del activo” (Moubray, 2004, p.55). Haciendo análisis sobre este enunciado, vemos que se ahorraría mucho tiempo y energía si se define con claridad los estándares de funcionamiento, el punto en el que decimos ‘hasta aquí no más’, antes de que se produzca la falla.

### Manera de enlistar las fallas funcionales

Las fallas funcionales se escriben en la segunda columna de la hoja de trabajo del MCC. Son codificadas alfabéticamente como lo muestra la Figura N° 7.

RCM II HOJA DE INFORMACIÓN		SISTEMA	
		SUBSISTEMA	
	FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL
1	Función primaria 1	1.A 1.B 1.C	Falla funcional 1.A Falla funcional 1.B Falla funcional 1.C
2	Función primaria 2	2.A 2.B	Falla funcional 2.A Falla funcional 2.B
3	Función secundaria 1	3.A	Falla funcional 3.A
4	Función secundaria 2	4.A 4.B	Falla funcional 4.A Falla funcional 4.B
5	Función secundaria 3	5.A	Falla funcional 5.A

Figura N° 7: Describiendo fallas funcionales  
Fuente: Moubray, 2004

### 3. Análisis de modos de falla y sus efectos (AMEF)<sup>5</sup>

#### a. Modos de falla

“Son los hechos que (...) pueden haber causado cada estado de falla. Esta lista debe incluir las fallas causadas por el deterioro o desgaste por uso normal, además de incluir las fallas causadas por errores humanos y errores de diseño” (Moubray, 2004, p.9).

“Un modo de falla es cualquier evento que causa una falla funcional” (Moubray, 2004, p.56).

RCM II HOJA DE INFORMACIÓN		SISTEMA			
		SUBSISTEMA			
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL (Pérdida de Función)		MODO DE FALLA (Causa de la Falla)	
1	Función primaria 1	1.A	Falla funcional 1.A	1	Modo de falla 1
				2	Modo de falla 2
				2	Modo de falla 3
		1.B	Falla funcional 1.B	2	Modo de falla 3
				4	Modo de falla 4
				1	Modo de falla 1
		1.C	Falla funcional 1.C	2	Modo de falla 2
				1	Modo de falla 1
				2	Modo de falla 2

Figura N° 8: Modos de Falla  
Fuente: Moubray, 2004

Moubray nos indica que la descripción de un modo de falla debe consistir en un sustantivo y un verbo. Además, que la descripción debe ser lo suficientemente detallada para seleccionar una estrategia de manejo de falla apropiada, pero no tanto como para perder tiempo en el propio proceso de análisis, tal como se muestra en la Figura N°8.

<sup>5</sup> Se busca responder a la tercera y cuarta de las 7 preguntas básicas en la implementación del MCC.

## b. Categorías de modos de Falla

Los modos de fallas pueden ser clasificados en tres grupos de la siguiente manera:

### b.1 Capacidad decreciente:

Es la que en un primer momento la capacidad del activo está por arriba del funcionamiento deseado, pero luego decae cuando el activo físico es puesto en servicio, quedando por debajo del funcionamiento deseado, como se observa en la Figura N° 9.

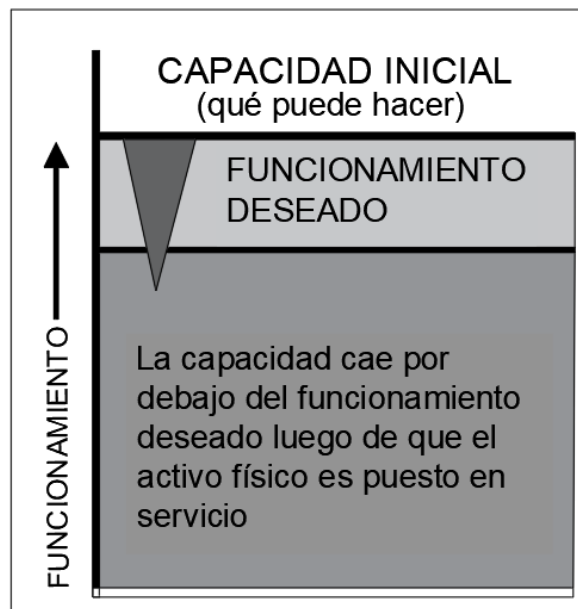


Figura N° 9: Modo de Falla, Categoría 1  
Fuente: Moubray, 2004

Moubray (2004) nos da a conocer las cinco causas principales de pérdida de capacidad, éstas son:

- Deterioro
- Fallas de lubricación
- Polvo o suciedad
- Desarme
- Errores humanos que reducen la capacidad (p.61).



### b.2 Aumento de funcionamiento deseado:

Es cuando el funcionamiento deseado está dentro de la capacidad del activo, pero luego aumenta hasta quedar fuera de su capacidad, haciendo que el activo no pueda responder las exigencias, como se muestra en la Figura N° 10.

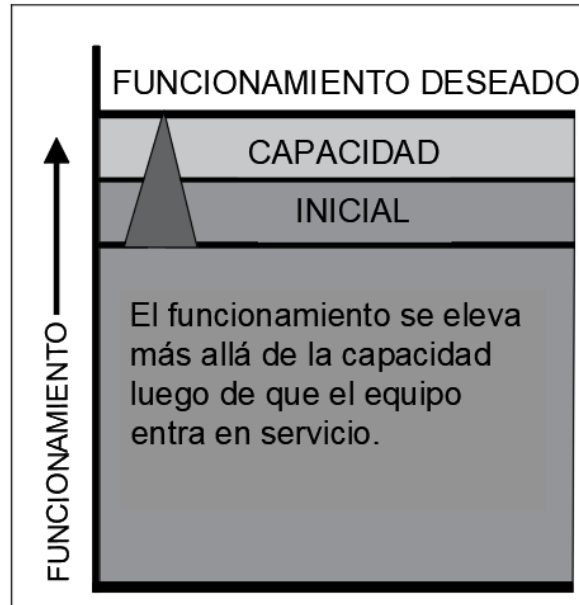


Figura N° 10: Modo de Falla, Categoría 2  
Fuente: Moubray, 2004

Moubray (2004) nos da a conocer las cuatro causas principales del aumento de del funcionamiento deseado:

- Una sobrecarga deliberadamente constante
- Una sobrecarga no intencional constante
- Una sobrecarga no intencional repentina
- Procesamiento o material de empaque incorrecto (p.64).

### b.3 Capacidad inicial:

Es cuando el funcionamiento deseado está fuera del rango de capacidad inicial desde el comienzo, como lo muestra la Figura N° 11.

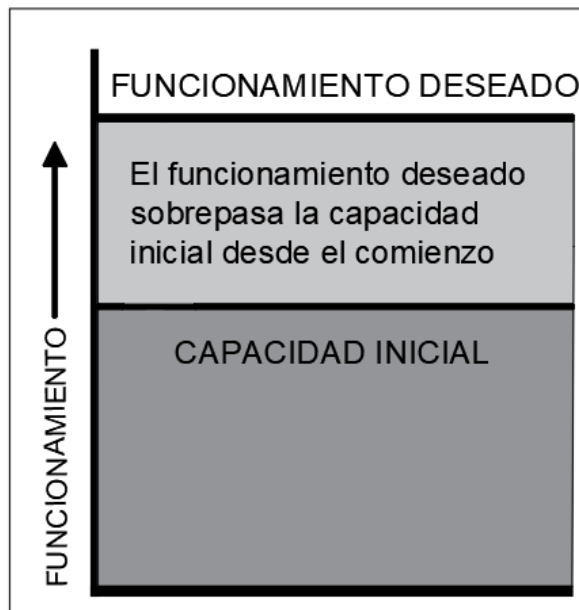


Figura N° 11: Modo de Falla, Categoría 3  
Fuente: Moubray, 2004

### c. Efectos de falla de un activo

La norma SAE JA1011 (1999) nos define que “los efectos de falla deben describir lo que puede pasar si no se realiza ninguna tarea específica para anticipar, prevenir o detectar la falla” (p.7). Lo que nos describe qué ocurre con cada modo de falla, de qué modo esta falla representa algo perjudicial para el medio ambiente o la seguridad, de qué manera afecta a la producción y qué debe hacerse para solucionarlo.

La descripción de los efectos de fallas debe incluir toda la información necesaria para ayudar en la evaluación de las consecuencias de fallas. Además, estas deben escribirse como si no se estuviera haciendo nada para impedirlos, es decir, suponer que no se está realizando algún tipo de mantenimiento proactivo (Moubray, 2004).

Según Moubray (2004), al describir los efectos de fallas, debe hacerse constar lo siguiente:

- c.1 Evidencia de falla (si la hubiera): El efecto de falla debe describirse de tal forma que, en circunstancias normales, sea evidente para los operarios la pérdida de función causada por ese modo de falla (p.77). Por lo que se debe indicar si la falla va acompañada por alarmas, ruidos fuertes, golpes, humo, olores, incendio, etc.
  
- c.2 Riesgo para la Seguridad y el Medio Ambiente (si la hubiera): La redacción del efecto de falla debe explicar si existe la posibilidad de que alguien se lesiona o muera como consecuencia directa de una falla, o que se infrinja una normativa o reglamento del medio ambiente (p.78). Algunos ejemplos serían: electrocución, caída de objetos, escape de productos químicos, colapso, etc.
  
- c.3 Daños secundarios y Efectos en la Producción (si la hubiera): La descripción debe indicar cómo y durante cuánto tiempo queda afectada la producción. Además de incluir cómo y cuánto afecta la calidad del producto, y qué penalidades financieras originan (Moubray, 2004, p.80).
  
- c.4 Acción correctiva: Los efectos de fallas deben indicar qué debe hacerse para reparar la falla. Ejemplo: Tiempo muerto para limpiar el bloqueo y resetear el interruptor, aprox. 30 minutos (Moubray, 2004, p.81).

Finalmente, los efectos de falla se describen en la última columna de la hoja de información de MCC, junto al modo de falla correspondiente, como lo muestra la Figura N° 12.

RCM II HOJA DE INFORMACIÓN		SISTEMA		Facilitador	Fecha	Hoja N°
		SUBSISTEMA		Auditor	Fecha	de
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL (Pérdida de Función)		MODO DE FALLA		EFEECTO DE FALLA
1	Función primaria 1	1.A	Falla funcional 1.A	1	Modo de falla 1	Efecto de falla 1
				2	Modo de falla 2	Efecto de falla 2
				3	Modo de falla 3	Efecto de falla 3
	1.B	Falla funcional 1.B	1	Modo de falla 1	Efecto de falla 1	
			2	Modo de falla 2	Efecto de falla 2	

Figura N° 12: La hoja de información de MCC  
Fuente: Moubray, 2004

#### 4. Consecuencias de falla<sup>6</sup>

Antes que nada, debemos notar que “los efectos de fallas describen ‘qué sucede’ cuando ocurre una falla, mientras que las consecuencias describen ‘cómo y cuánto importa’” (Moubray, 2004, p.10).

Un punto fuerte del MCC es que reconoce que las consecuencias de las fallas casi siempre son más importantes que sus características técnicas. De hecho, reconoce que la única razón para hacer un tipo de mantenimiento proactivo no es eliminar las fallas per se sino evitar o reducir las consecuencias de las fallas (Moubray, 2004). Se divide las consecuencias en cuatro categorías en dos etapas distintas, estas son:

**Fallas evidentes:** Es aquella cuya falla eventualmente e inevitablemente se hará evidente por sí sola a los operadores en circunstancias normales.

**Fallas ocultas:** Es aquella cuya falla no se hará evidente a los operarios bajo circunstancias normales, si se produce por sí sola (Moubray, 2004, p.96).

<sup>6</sup> Se busca responder a la quinta de las 7 preguntas básicas en la implementación del MCC.

## **a. Categorías de fallas evidentes**

Estas fallas se clasifican en tres categorías de importancia decreciente:

**a.1 Consecuencias ambientales y para la seguridad:** Estas consecuencias pueden causar daño a la muerte a alguna persona o pueda infringir alguna normativa o reglamento ambiental (Moubray, 2004, p.98). Por lo que sólo se merece realizar tareas proactivas si se minimiza la posibilidad de falla a un nivel muy bajo.

**a.2 Consecuencias operacionales:** Estas consecuencias afectan a la producción o a las operaciones, además del costo directo de operación (Moubray, 2004, p.107). Por lo que sólo se merece realizar tareas proactivas si a lo largo de un periodo de tiempo cuesta menos que el costo de reparar la falla más el costo de las consecuencias operacionales.

**a.3 Consecuencias no-operacionales:** Estas consecuencias solo implican el costo directo de la reparación. Por lo que “merece la pena realizar tareas proactivas si, en un periodo de tiempo, cuesta menos que el costo de reparar las fallas que pretende prevenir” (Moubray, 2004, p.113)

## **b. Consecuencias de fallas ocultas**

Estas consecuencias no tienen impacto directo, pero exponen a la organización a fallas múltiples con consecuencias serias y hasta catastróficas. Estas fallas múltiples solo ocurren si una función protegida falla mientras el dispositivo de protección se encuentra en estado de falla (Moubray, 2004). Por lo que “se merece realizar una tarea proactiva si se asegura la disponibilidad necesaria para reducir la probabilidad de una falla múltiple a un nivel tolerable” (p.126).

A todo esto, Moubray (2004), nos deja un excelente esquema en el cual podemos visualizar el camino a tomar a la hora de evaluar las consecuencias de fallas, los detalles pueden visualizarse en la Figura N° 13.

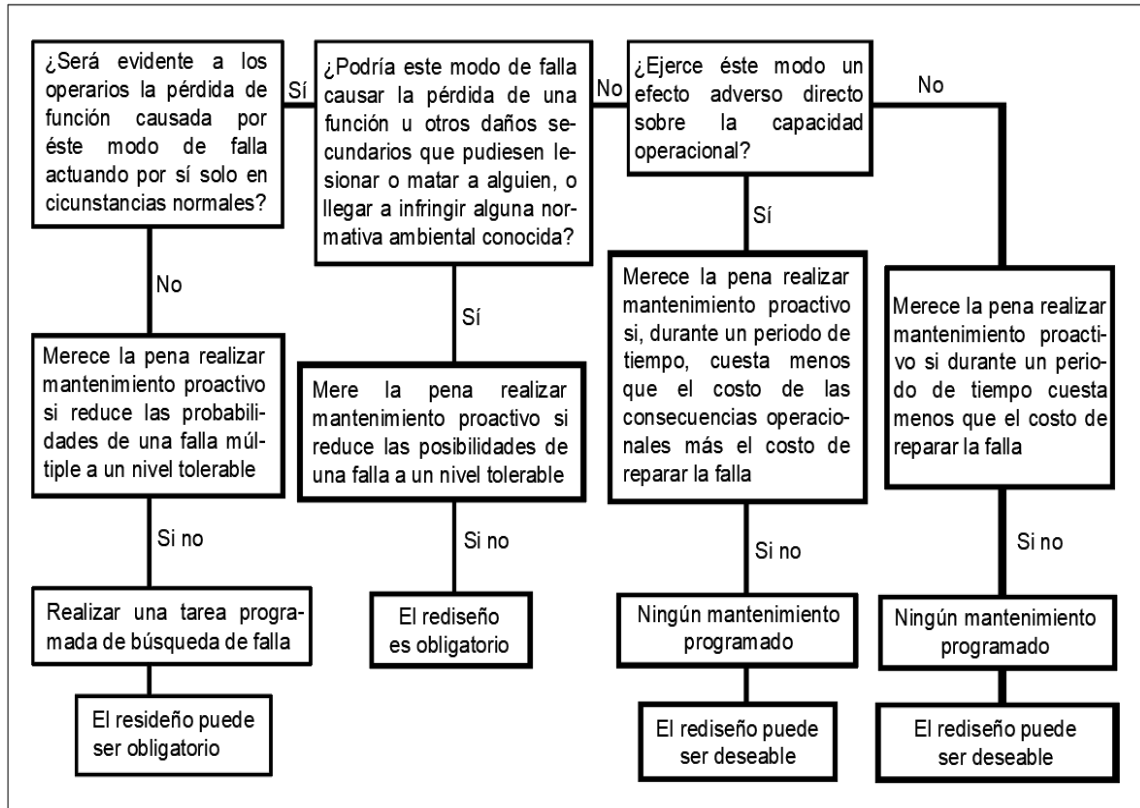


Figura N° 13: Evaluación de las consecuencias de falla  
Fuente: Moubray, 2004

## 5. Mantenimiento Proactivo 1: Tareas Preventivas<sup>7</sup>

### a. Edad y deterioro

El mantenimiento clásico nos sugiere una relación como la que se muestra en la Figura N° 14. En que tiene que haber una relación entre la exposición total del activo al esfuerzo como la edad de sus componentes (Moubray, 2004, p. 135). Pero si esto fuera cierto, seríamos capaces de predecir la vida útil de los activos con mucha precisión.

<sup>7</sup> Se busca responder a la sexta de las 7 preguntas básicas en la implementación del MCC (parte 1 de 2).

Sim embargo, Moubray (2004), nos afirma que, “en el mundo real, la situación no es tan precisa” (p.135).

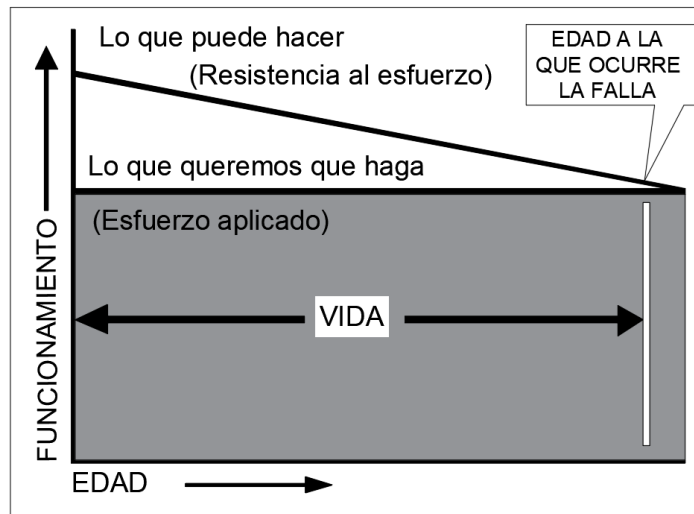


Figura N° 14: Absolutamente predecible  
Fuente: Moubray, 2004

En este punto de vista es algo simplista, ya hay tres maneras más en que la probabilidad de falla puede aumentar a medida que envejece un componente. Estas se ven a detalle en la Figura N° 15.

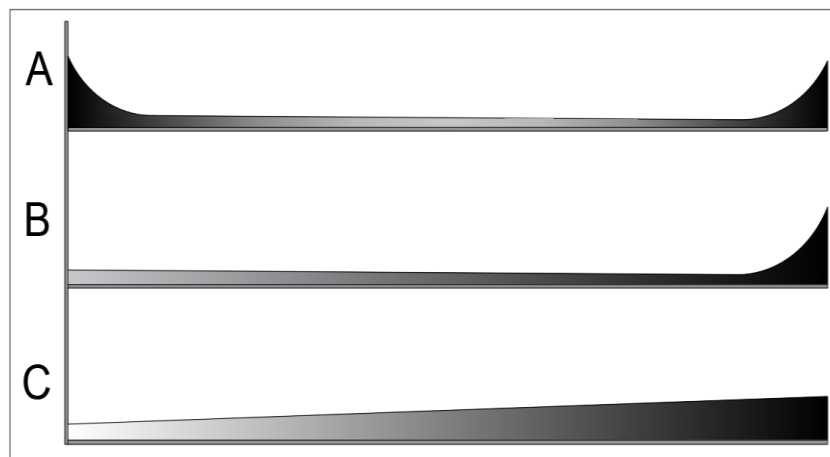


Figura N° 15: Fallas relacionadas con la edad  
Fuente: Moubray, 2004

En general, los patrones de fallas relacionadas con la edad se aplican a componentes muy simples, o a componentes complejos que sufren de un modo de falla dominante. Las fallas relacionadas con la edad también tienden a estar asociados con la fatiga, la corrosión y la evaporación (Moubray, 2004).

Bajo ciertas circunstancias, se dispone de dos opciones preventivas para reducir la incidencia de este tipo de modos de falla, estas son:

**a.1 Tareas de reacondicionamiento cíclico:** “Esta tarea proactiva consiste en reacondicionar la capacidad de un elemento o componente antes o en el límite de edad definido, independientemente de su condición en ese momento” (Moubray, 2004, p.138).

Moubray (2004) aclara que éstas tareas son factibles si:

- hay una edad identificable en la que el elemento muestra un rápido incremento en la probabilidad condicional de falla.
- la mayoría de los elementos sobreviven a esta edad.
- se restaura la resistencia original del elemento a la falla (p.142).

**a.2 Tareas de sustitución cíclica:** “Esta tarea proactiva consiste en descartar un elemento o componente antes, o en el límite de edad definida, independientemente de su condición en ese momento” (Moubray, 2004, p.139).

Moubray (2004) aclara que éstas tareas son factibles si:

- hay una edad identificable en la que el elemento muestra un rápido incremento en la probabilidad condicional de falla.
- la mayoría de los elementos sobreviven a esta edad (p.142).

En ambos casos, “la frecuencia de una tarea de reacondicionamiento o sustitución cíclica está determinada por la edad en la que el elemento o componente muestra un rápido incremento en la probabilidad condicional de falla” (Moubray, 2004, p.140).



## b. Fallas no asociadas a la edad

Grande ha sido el descubrimiento de que en realidad pocos modos de falla se ajustan a algunos de los patrones de falla que se muestra en la Figura N° 16. Esto se debe a una combinación de variaciones en el esfuerzo aplicado y complejidad creciente de los activos.

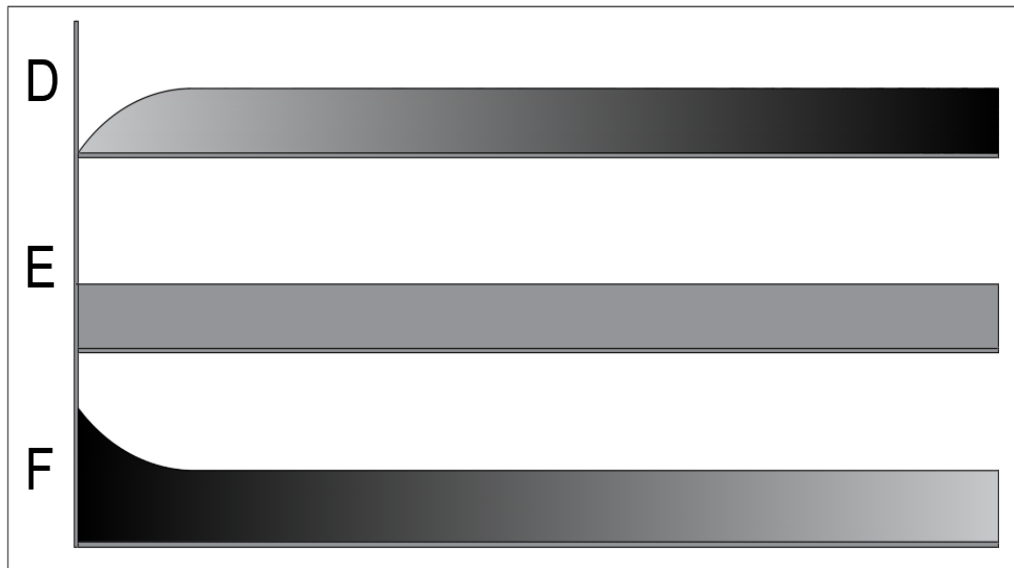


Figura N° 16: Fallas que no están relacionadas a la edad  
Fuente: Moubray, 2004

“El rasgo más importante de los patrones (...) es que luego del periodo inicial, hay poca relación, entre la confiabilidad y la edad operacional” (Moubray, 2004, p.147). En estos casos, la edad del activo, contribuye poco o nada a minimizar la probabilidad de falla.

## 6. Mantenimiento Proactivo 2: Tareas predictivas<sup>8</sup>

### Fallas potenciales y mantenimiento a condición

Moubray (2004), comenta, “aunque muchos modos de falla no se relacionan con la edad, la mayoría de ellos da algún tipo de advertencia que está en el proceso de ocurrir, o de que están por ocurrir” (p.148).

<sup>8</sup> Se busca responder a la sexta de las 7 preguntas básicas en la implementación del MCC (parte 2 de 2).

Por lo que sí podría encontrarse evidencia de que un componente está en las últimas instancias de una falla, hay las posibilidades de actuar para prevenir que falle por completo y evitar sus consecuencias.

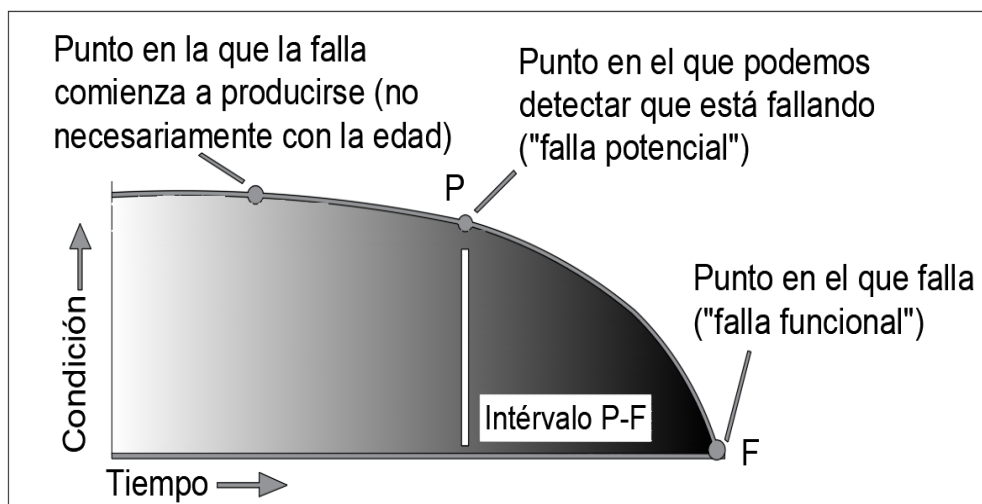


Figura N° 17: La curva P – F  
Fuente: Moubray, 2004

La Figura N° 17 muestra lo que sucede en las etapas finales de la falla, cómo se deteriora al punto que puede ser detectada (punto P) y luego, si no es corregida, continúa deteriorándose hasta que llega al punto de falla funcional (punto F).

Por lo que se podría resumir, “una falla potencial es un estado identificable de indica que una falla funcional está a punto de ocurrir o en el proceso de ocurrir” (Moubray, 2004, p.149). Por lo que las tareas a condición se rigen a revisar si hay fallas potenciales, para que se pueda actuar y prevenir la falla funcional evitando las consecuencias de esta.

En la Figura N° 17 también notamos el intervalo P-F, el cual nos ilustra el tiempo entre el momento en que ocurre una falla potencial y su decaimiento hasta convertirse en una falla funcional. Por lo que, según Moubray (2004), “las tareas a condición deben ser realizadas a intervalos menores al intervalo P-F” (p.150).

La Figura N° 18 resume el proceso de selección de tareas. Donde Moubray (2004), nos comenta que “este orden de preferencia básico es válido para la gran mayoría de los modos de falla, pero no es aplicable para todos los casos” (p.173).

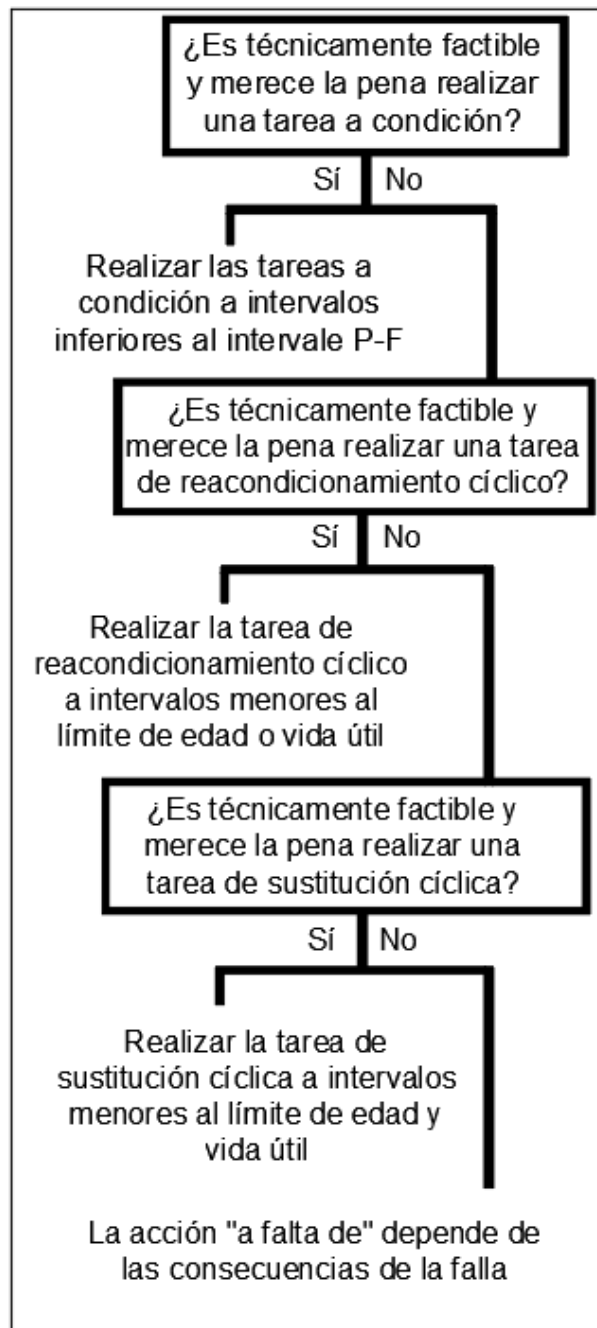


Figura N° 18: Proceso de selección de tareas  
Fuente: Moubray, 2004

## 7. Acciones “a Falta de” 1: Tarea de búsqueda de fallas<sup>9</sup>

Si no logra hallarse para un modo de falla una tarea proactiva que sea técnicamente factible y que merezca la pena ser realizada, la acción ‘a Falta de’ debería llevarse. Moubray (2004), nos detalla que las acciones ‘a Falta de’ consta de las siguientes acciones:

**Búsqueda de fallas:** Implica revisar periódicamente funciones ocultas para determinar si han fallado.

**Rediseño:** Implica hacer cambios de una sola vez a las capacidades iniciales de un sistema.

**Mantenimiento a rotura:** Se deja que la falla simplemente ocurra para luego repararla (p.15).

La ruta de las acciones ‘a Falta de’ se muestra en la Figura N° 19, lo que nos guiará a una mejor toma de decisiones relacionados a este punto.

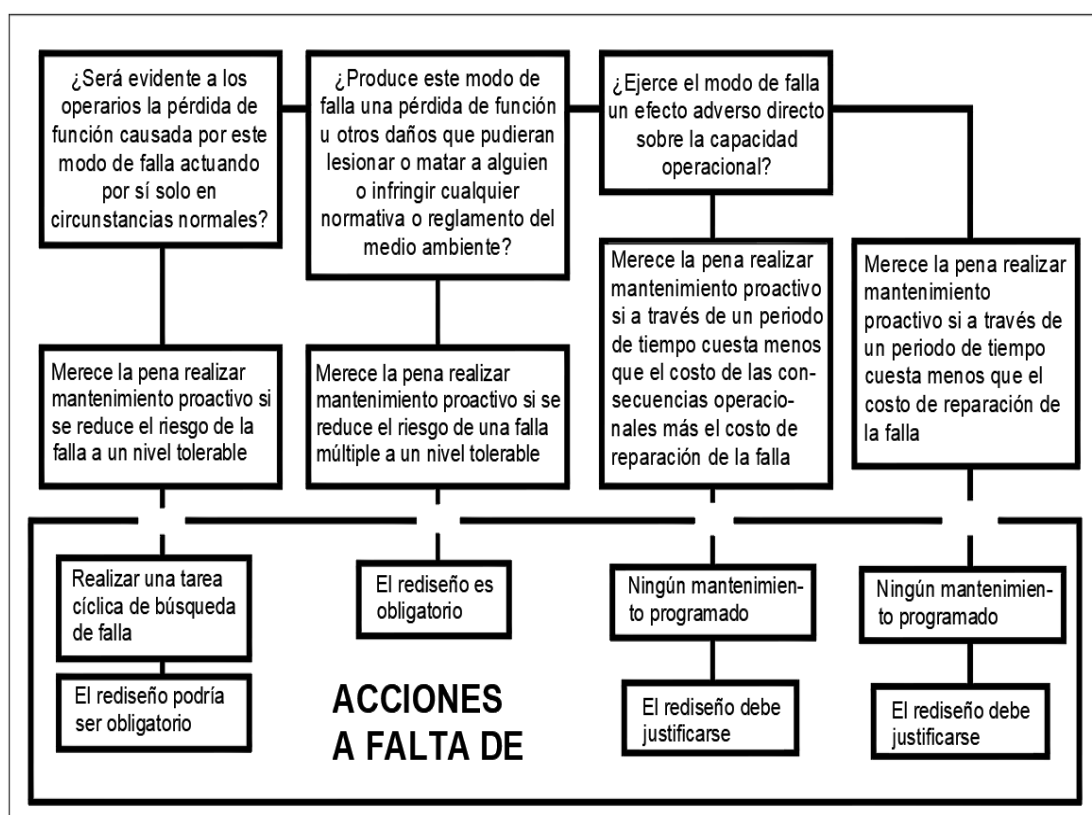


Figura N° 19: Acciones a falta de  
Fuente: Moubray, 2004

<sup>9</sup> Se busca responder a la séptima de las 7 preguntas básicas en la implementación del MCC.

## Búsqueda de fallas

Explicado anteriormente, las actividades de búsqueda de fallas, “son tareas diseñadas para chequear si algo todavía funciona” (Moubray, 2004, p.175).

“Para calcular el intervalo de la frecuencia de la búsqueda de fallas, depende de dos variables: la disponibilidad y la frecuencia de falla del equipo de protección” (Moubray, 2004, p.179). Las ecuaciones correspondientes se ilustran a continuación:

Cálculo del Intervalo de tareas de búsqueda de falla:

$$FFI = \frac{2 \times MTBF \times Mgido}{Mfm} \dots \dots \dots (3)$$

$$MTBF = \frac{\textit{Tiempo total disponible} - \textit{Tiempo perdido}}{\textit{Número de paradas}} \dots \dots \dots (4)$$

$$Mgido = \frac{Mfm}{MTBF} \dots \dots \dots (5)$$

Adicionalmente:

$$R = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \dots \dots \dots (6)$$

$$MTTR = \frac{\textit{Tiempo total de mantenimiento}}{\textit{Número de reparaciones}} \dots \dots \dots (7)$$

Dónde:

FFI: Intervalo de tareas de búsqueda de falla, en años.

MTBF: Tiempo medio entre fallas del activo a proteger, en años.

Mgido: Tiempo medio entre fallas del dispositivo de protección, en años.

R: Porcentaje de Confiabilidad.

MTTR: Tiempo medio de reparación del activo a proteger, en años.

Mfm: Tiempo medio entre falla múltiple, en años.

Moubray (2004), afirma que, la búsqueda de fallas es técnicamente factible si:

- a. Es posible realizar la tarea
- b. La tarea no incrementa el riesgo de una falla múltiple
- c. Es práctico realizar la tarea al intervalo requerido (p.189).

Podemos afirmar que merece realizar la búsqueda de falla si se reduce la probabilidad de la falla múltiple asociada a un nivel tolerable.

Esto se puede visualizar en la Figura N° 20, además de brindarnos una posible solución en caso de que la búsqueda de falla no sea posible de aplicar.

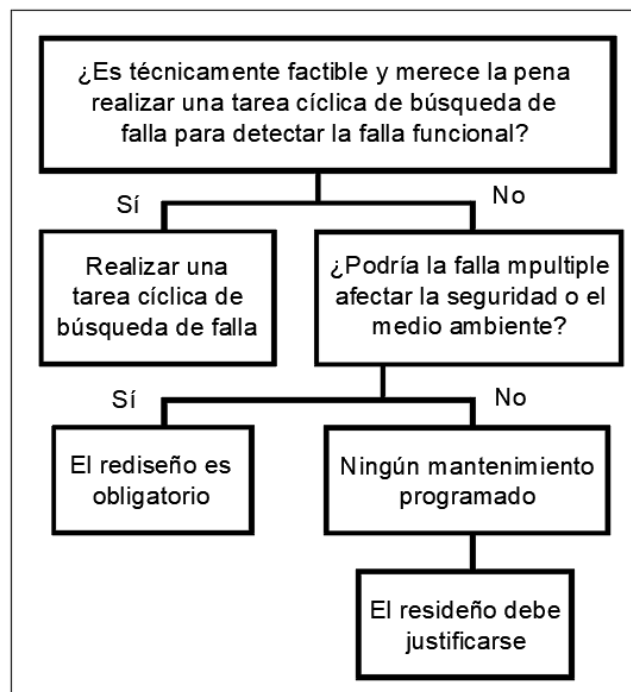


Figura N° 20: Proceso de decisión de búsqueda de falla  
Fuente: Moubray, 2004

## El proceso de selección de tareas de MCC

La esencia del proceso de selección de tareas es el siguiente:

- 1. Para fallas ocultas:** “La tarea proactiva vale la pena si se reduce significativamente el riesgo de falla múltiple. De no hallarse una tarea de búsqueda de falla que sea adecuada, se indicará que el componente pueda ser rediseñado” (Moubray, 2004, p.15).
- 2. Para fallas con consecuencias ambientales o para la seguridad:** “La tarea proactiva vale la pena si por sí sola reduce el riesgo de la falla a un nivel muy bajo o la elimina. De no ser posible, entonces el componente debe ser rediseñado o debe cambiarse el proceso” (Moubray, 2004, p.15).
- 3. Para fallas con consecuencias operacionales:** “La tarea proactiva vale la pena si el costo total de realizarla en un periodo de tiempo es menor al costo total de las consecuencias operacionales más el costo de la reparación en el mismo periodo de tiempo” (Moubray, 2004, p.15).
- 4. Para falla con consecuencias no operacionales:** “Solo vale la pena una tarea proactiva si el costo de la tarea a lo largo del tiempo es menor al costo de reparación en el mismo tiempo” (Moubray, 2004, p.15).

Este enfoque significa que las tareas proactivas son sólo definidas para las fallas que realmente lo necesitan, lo que a su vez lleva a reducciones sustanciales en cargas de trabajo de rutina. Un menor trabajo de rutina también significa que es más probable que las tareas restantes sean realizadas correctamente. Esto, sumado a la eliminación de tareas contraproducentes, lleva a un mantenimiento más efectivo (Moubray, 2004).

## Aplicando el proceso de MCC

Para Moubray (2004) la aplicación exitosa de MCC depende de un meticuloso planeamiento y preparación. Los elementos centrales del proceso de planeamiento son:

- Decidir cuáles activos físicos se beneficiarán más con el proceso MCC, y exactamente de qué manera lo harán.
- Evaluar los recursos requeridos para la aplicación del proceso a los activos seleccionados.
- Decidir detalladamente quién realizará y quién auditará cada análisis, cuándo y dónde, y hacer los arreglos para que dichas personas reciban el entrenamiento apropiado.
- Asegurar que el contexto operacional de cada activo físico esté claramente comprendido (p.17).

## Proceso de decisión de MCC

La hoja de decisión, como se observa en la Figura N°21, nos permite asentar las respuestas a las preguntas formuladas en los diagramas de decisión que se ha visto en puntos anteriores.

HOJA DE DECISIÓN RCM			SISTEMA						Sistema N°	Fecha:	Hoja N°								
											de:								
Referencia de Información			Evaluación de las consecuencias				Acción a falta de			Tarea propuesta	Intervalo inicial	A realizarse por							
F	FF	FM	H	S	E	O	H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3				H4	H5	H6				

Figura N° 21: Hoja de Decisión MCC  
Fuente: Moubray, 2004



Moubray (2004), explica, que “en función a las respuestas, debemos de registrar:

- Qué mantenimiento de rutina será realizado, con qué frecuencia será realizado y quién lo hará.
- Qué falla son lo suficientemente serias como para justificar el rediseño.
- Casos en los que se toma la decisión deliberada de dejar que las fallas ocurran” (p.202).

En las siguientes dos Figuras, N°22 y N°23, Moubray (2004) nos detalla cómo es que debemos de llenar la hoja de Decisión.

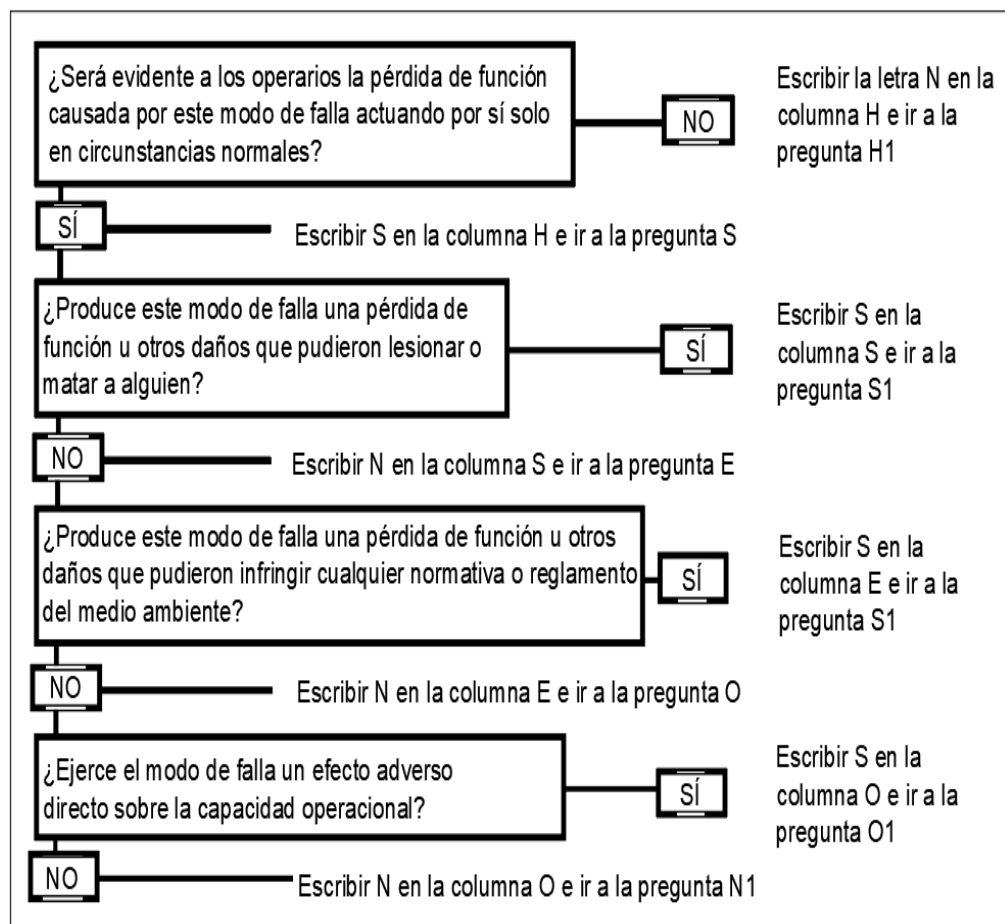


Figura N° 22: Criterios de factibilidad técnica  
Fuente: Moubray, 2004

Donde:	
H1 , S1 , O1 , N1 :	¿Es técnicamente factible realizar una tarea para detectar si está ocurriendo una falla o está a punto de
H2 , S2 , O2 , N2 :	¿Es técnicamente factible realizar una tarea de reacondicio- namiento programado para reducir la
H3 , S3 , O3 , N3 :	¿Es técnicamente factible realizar una tarea de sustitución cíclica para reducir la frecuencia de la
H4:	¿Es técnicamente factible y merece la pena realizar una tarea de búsqueda de falla?
H5:	¿Podría la falla múltiple afectar la seguridad o el medio ambiente?
S:4	¿Es técnicamente factible y merece la pena realizar una combinación de tareas?

Figura N° 23: Leyenda de preguntas de los criterios de factibilidad  
Fuente: Moubray, 2004

### Grupos de revisión

“El uso de estos grupos permite a los gerentes a un acceso sistemático al conocimiento y la experiencia de cada miembro del grupo, además que los miembros del grupo incrementen marcadamente su entendimiento del activo físico en el contexto operacional” (Moubray, 2004, p.18). El modelo del grupo de revisión MCC que nos recomienda Moubray se detalla en la Figura N° 24.

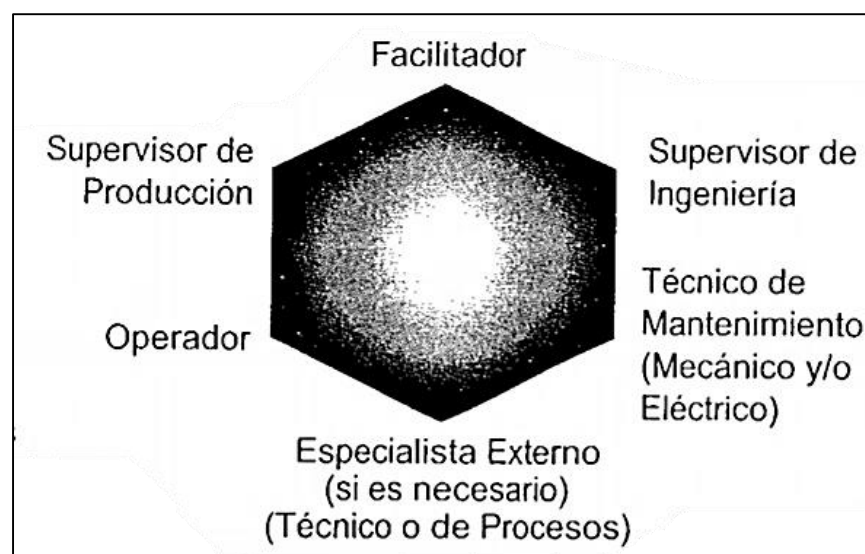


Figura N° 24: Grupo de revisión MCC  
Fuente: Moubray, 2004

## **Facilitadores**

Moubray (2004) nos comenta que los facilitadores son los integrantes más importantes del proceso de revisión MCC, su rol es asegurar que:

- a. El análisis MCC se lleve a cabo en el nivel correcto, que los límites del sistema sean claramente definidos, que ningún ítem importante sea pasado por alto, y que los resultados del análisis sean debidamente registrados.
- b. MCC sea claramente comprendido y correctamente aplicado por parte de los miembros del grupo.
- c. El grupo llegue al consenso en forma rápida y ordenada, manejando el entusiasmo individual de los miembros.
- d. El análisis progrese razonablemente rápido y termine a tiempo (p.18).

## **Resultados de un análisis MCC**

Si el MCC es aplicado correctamente, un análisis nos da tres resultados tangibles:

- a. Planes de mantenimiento a ser realizados por el departamento de mantenimiento.
- b. Procedimientos de operación revisados.
- c. Lista de cambios que deben hacerse al diseño del activo físico (Bloom, 2006, p.36).

## 1.2 Definición de términos básicos:

**Activo:** Objeto o Bien material que posee una persona natural o jurídica, tales como maquinarias, equipos, edificios, etc.

**Confiabilidad de un equipo:** R, es la probabilidad de que un sistema, activo o componente lleve a cabo su función adecuadamente durante un período bajo condiciones operacionales previamente definidas y constantes.

**Desperfecto:** Destrucción o deterioro leve de algo.

**Disponibilidad del equipo:** Representa el porcentaje de tiempo durante el cual un equipo se encuentra apto para su uso y operatividad.

**Equipos Críticos:** Es aquel que cuando falla, produce una parada total o suspensión drástica de la producción.

**Falla:** Defecto material o deficiencia en el funcionamiento de una cosa.

**Historial de mantenimiento:** Un registro que muestra la inspección, reparación, entre otros, que se emplea para ayudar a la planeación del Mantenimiento.

**Indicadores:** Dato o información que sirve para conocer o valorar las características y la intensidad de un hecho o para determinar su evolución futura

**Inspección:** El proceso de medir, examinar, probar, calibrar o detectar de alguna otra forma cualquier desviación con respecto a las especificaciones.

**Mantenimiento:** Conservación de una cosa en buen estado o en una situación determinada para evitar su degradación.

**Mantenimiento Correctivo:** Es el conjunto de tareas destinadas a corregir los defectos que se van presentando en los distintos equipos y que son comunicados al departamento de mantenimiento por los usuarios de los mismos.

**Mantenimiento Preventivo:** Es el mantenimiento que tiene por misión mantener un nivel de servicio determinado en los equipos, programando las intervenciones de sus puntos vulnerables en el momento más oportuno.

**Mantenimiento Programado:** Lo componen el conjunto de tareas de mantenimiento que tienen por misión mantener un nivel de servicio determinado en los equipos, programando las revisiones e intervenciones de sus puntos vulnerables en el momento más oportuno.

**Metodología:** Conjunto de métodos que se siguen en una investigación científica, un estudio o una exposición doctrinal.

**Orden de trabajo:** es básicamente un documento donde se recoge los datos de las actividades que son desarrolladas por el personal que ejecuta el mantenimiento.

**Parámetros de funcionamiento:** Dato que se considera como imprescindible y orientativo para lograr evaluar o valorar un activo.

**Plan de producción:** Documento donde se establece un plan de trabajo dependiendo de la cantidad de pedidos o de las ventas esperadas.

**Proactivo:** Que tiene iniciativa y capacidad para anticiparse a problemas o necesidades futuras.

**Tiempo Medio Entre fallas:** MTBF, es un indicador que muestra el tiempo promedio que la máquina trabaja antes de parar por algún motivo mecánico.

**Tiempo Medio Para Reparación:** MTTR, es indicador muestra el tiempo promedio que demoran las reparaciones o intervenciones a la máquina por motivos mecánicos.

## **CAPÍTULO II: METODOLOGÍA DE DESARROLLO DEL TRABAJO PROFESIONAL**

### **2.1 Delimitación temporal y espacial del trabajo**

#### **2.1.1 Temporal**

El tiempo de este proyecto de implementación metodológica se llevó a cabo durante los meses comprendidos entre agosto y diciembre de 2020.

#### **2.1.2 Espacial**

El proyecto se realizó en la planta galvanizadora Galvanometal Perú S.A.C. ubicada en la Manzana. "E" Lote. 3 Cooperativa Las Vertientes, en el distrito de Villa el Salvador, departamento de Lima, Perú.

### **2.2 Determinación y análisis del problema:**

#### **2.2.1 Descripción del problema**

En la empresa Galvanometal Perú S.A.C. la mayor parte de los trabajos en el área de mantenimiento son, en su mayoría, de mantenimientos correctivos. Esto causa que, cuando hay periodos de mucha productividad, las fallas en los equipos críticos generen paradas de largas horas en la línea de producción, que en este caso son los puentes grúa y polipastos que transportan los materiales entre los diferentes procesos. Otro de los problemas principales causados por la falta de un mantenimiento preventivo y/o programado, es la baja disponibilidad de los equipos y un deterioro progresivo en la reducción de la vida útil de los equipos electromecánicos. Todo esto genera lentitud en los procesos de la línea de producción, ya que atender un mantenimiento correctivo, por el mismo ajetreo del día a día, muchas veces se prolonga la toma de decisiones y acciones generando retrasos en los pedidos de los clientes resultando así en pérdidas de

económicas y el rechazo de clientes potenciales que visitan la planta. Además, con el nuevo panorama sobre los cuidados y restricciones de distanciamiento y exposiciones a distintos ambientes laborales que se deben tener por la pandemia del COVID-19, los mantenimientos correctivos o improvisados no solo generan riesgos por descuidos técnicos, si no también riesgos por contagios de virus, ya que se expone al personal muchas veces a maniobras no planeadas o exponerlos a trabajadores de tercerización que vienen a la empresa para realizar el trabajo correctivo.

### **2.2.2 Justificación de problema**

Dentro de las diferentes técnicas para la implementación de mejora de un plan de mantenimiento, se ha escogido utilizar la metodología del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (MCC) ya que mejora la comprensión del funcionamiento de los equipos, tanto para el personal de mantenimiento como a los operarios de producción, desarrollando mecanismos que van a tratar de evitar las posibilidades de fallo de un sistema. Además, es un proceso utilizado para determinar qué se debe hacer para asegurar que cualquier activo físico continúe haciendo lo que sus usuarios quieren que haga en su contexto operacional actual. De esta manera, gracias a un análisis de los sistemas eléctricos, mecánicos y de lubricación de los equipos electromecánicos críticos, se asegura que sólo se elegirán las formas de mantenimiento más efectiva para cada activo físico, y junto al Análisis del Modo y Efecto de Fallas (AMEF) se logrará proveer una clara visión para decidir, de manera eficaz, qué decisiones y acciones tomar. Siendo todo esto útil para próximamente capacitar a los técnicos y operarios de planta, reducir el tiempo de paradas en la línea de producción por mantenimientos correctivos, asegurar la continuidad del servicio de galvanizado por inmersión en caliente, y salvaguardar la salud de los trabajadores ante la amenaza de contagio del virus COVID-19 evitando realizar maniobras de riesgo o no planeadas con personales externos a la empresa.

## 2.3 Modelo de solución propuesto

### 2.3.1 Elección de los equipos críticos de Galvanometal Perú S.A.C.

Se analizó por medio de las tablas de puntuaciones, del modelo de Criticidad Total por Riesgo (CTR)<sup>10</sup>, a los equipos del Proceso Principal y Secundario de Galvanometal Perú S.A.C.

La Lista Maestra general de la Planta Galvanizadora se adjuntó en el Anexo 2.

PROCESO DE GALVANIZADO (GV)			CRITICIDAD TOTAL POR RIESGO
N°	CÓDIGO	EQUIPO	$((IO \times FO) + CM + SHA) \times FF = CTR$
001	PP-01	POLIPASTO CON CADENA 2TN	$((7 \times 2) + 1 + 8) \times 3 = 69$
002	PP-02	POLIPASTO CON CADENA 2TN	$((7 \times 2) + 1 + 8) \times 3 = 69$
003	PP-03	POLIPASTO CON CADENA 2TN	$((7 \times 2) + 1 + 8) \times 3 = 69$
004	PP-04	POLIPASTO CON CADENA 2TN	$((7 \times 2) + 1 + 8) \times 3 = 69$
005	PP-05	POLIPASTO CON CADENA 2TN	$((7 \times 2) + 1 + 8) \times 3 = 69$
006	PP-06	POLIPASTO CON CADENA 2TN	$((7 \times 2) + 1 + 8) \times 4 = 92$
007	PP-07	POLIPASTO CON CADENA 2TN	$((7 \times 2) + 1 + 8) \times 4 = 92$
008	PG-01	PUENTE GRÚA 5 TN	$((7 \times 2) + 1 + 6) \times 3 = 63$
009	PG-02	PUENTE GRÚA 5 TN	$((7 \times 2) + 1 + 6) \times 3 = 63$
010	PG-03	PUENTE GRÚA 5 TN	$((7 \times 2) + 1 + 6) \times 3 = 63$
011	PG-04	PUENTE GRÚA 5 TN	$((7 \times 2) + 1 + 6) \times 3 = 63$
012	TG-01	TOLVA DE GALVANIZADO	$((1 \times 4) + 1 + 3) \times 1 = 8$
013	HG-01	HORNO DE GALVANIZADO	$((7 \times 2) + 1 + 3) \times 3 = 54$
014	TM-01	TRANSPORTADOR DE MATERIALES	$((5 \times 2) + 1 + 3) \times 2 = 28$
015	FF-01	FILTRO DE FLUX	$((1 \times 4) + 1 + 1) \times 1 = 6$
016	FM-01	FILTRO DE MANGAS	$((1 \times 4) + 1 + 1) \times 1 = 6$
017	IC-01	INTERCAMBIADOR DE CALOR - FLUX	$((3 \times 2) + 1 + 1) \times 4 = 32$
018	CP-01	COMPRESOR TORNILLO GX4	$((1 \times 4) + 1 + 6) \times 1 = 11$
019	TZ-01	TRONZADORA DE MATERIALES 14"	$((1 \times 4) + 1 + 6) \times 2 = 22$
020	OX-01	EQUIPO OXICORTE	$((1 \times 2) + 1 + 3) \times 4 = 24$
021	OX-02	EQUIPO OXICORTE	$((1 \times 2) + 1 + 3) \times 4 = 24$

Tabla 2: Análisis CTR en Proceso Principal de Galvanizado  
Fuente: Elaboración propia

<sup>10</sup> Para el análisis del modelo de Criticidad Total por Riesgo (CTR) se utilizó la Tabla N°1 y las fórmulas N° 1 y N°2.



LÍNEA DE LIMPIEZA SUPERFICIAL (LS)			CRITICIDAD TOTAL POR RIESGO
N°	CÓDIGO	EQUIPO	$( ( IO \times FO ) + CM + SHA ) \times FF = CTR$
022	AR-01	AMOLADORA RECTA (NS:803100086)	$( ( 3 \times 2 ) + 1 + 6 ) \times 3 = 39$
023	AM-01	AMOLADORA 4 1/2" (NS:005936)	$( ( 3 \times 2 ) + 1 + 6 ) \times 3 = 39$
024	AM-02	AMOLADORA 4 1/2" (NS:004578)	$( ( 3 \times 2 ) + 1 + 6 ) \times 3 = 39$
025	AM-03	AMOLADORA 4 1/2" (NS:191042)	$( ( 3 \times 2 ) + 1 + 6 ) \times 3 = 39$
026	AM-04	AMOLADORA 4 1/2" (NS:006056)	$( ( 3 \times 2 ) + 1 + 6 ) \times 3 = 39$
027	AM-05	AMOLADORA 4 1/2" (NS:209870)	$( ( 3 \times 2 ) + 1 + 6 ) \times 3 = 39$
028	AM-06	AMOLADORA 4 1/2" (NS:196301)	$( ( 3 \times 2 ) + 1 + 6 ) \times 3 = 39$
029	AM-07	AMOLADORA 4 1/2" (NS:113839)	$( ( 3 \times 2 ) + 1 + 6 ) \times 3 = 39$
030	AM-08	AMOLADORA 4 1/2" (NS:113843)	$( ( 3 \times 2 ) + 1 + 6 ) \times 3 = 39$
031	AM-09	AMOLADORA 4 1/2" (NS:802068876)	$( ( 3 \times 2 ) + 1 + 6 ) \times 3 = 39$
032	AM-10	AMOLADORA 4 1/2" (NS:811031051)	$( ( 3 \times 2 ) + 1 + 6 ) \times 3 = 39$
033	AM-11	AMOLADORA 4 1/2" (NS:907037321)	$( ( 3 \times 2 ) + 1 + 6 ) \times 3 = 39$
034	AM-12	AMOLADORA 4 1/2" (NS:907037310)	$( ( 3 \times 2 ) + 1 + 6 ) \times 3 = 39$
035	AM-13	AMOLADORA 4 1/2" (NS:907037278)	$( ( 3 \times 2 ) + 1 + 6 ) \times 3 = 39$
036	AM-14	AMOLADORA 4 1/2" (NS:907037311)	$( ( 3 \times 2 ) + 1 + 6 ) \times 3 = 39$

Tabla 3: Análisis CTR en Proceso Secundario de Galvanizado

Fuente: Elaboración propia

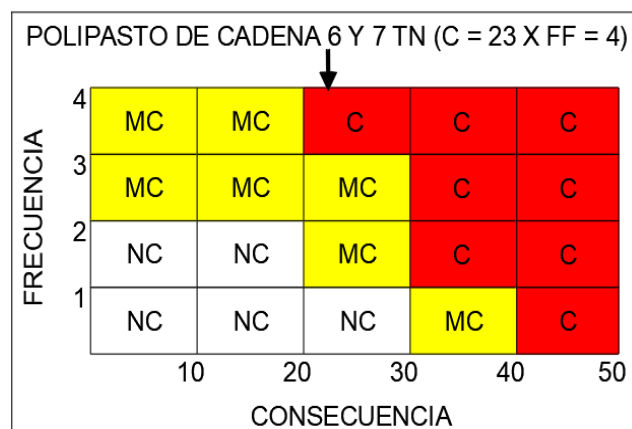


Figura N° 25: Clasificación de Criticidad de Polipasto

Fuente: Elaboración propia

Con los resultados de la tabla 2 y 3, además de la Figura N° 25<sup>11</sup>, se concluyó que los equipos críticos a los cuáles se les aplicará la Metodología del MCC para mejorar su plan de mantenimiento son:

- Polipasto con cadena PP-06 y PP-07


Estas dos máquinas cumplen la misma función dentro del proceso, trabajando a la par para galvanizar hasta 3tn de material metálico. Por lo que los siguientes análisis y cálculos se realizaron solo al Polipasto de cadena PP-06<sup>12</sup>.

<sup>11</sup> La clasificación se obtiene contrastando los resultados con el cuadro de la Figura N°1 del marco teórico.

<sup>12</sup> La hoja de identificación de la máquina PP-06 se coloca en el anexo N°4.

### 2.3.2 Plan de mantenimiento actual de los equipos críticos

Plan de mantenimiento preventivo actual de Polipasto con cadena:

	SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD	CÓDIGO: OP-003-FOMN
	PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO BÁSICO SEMESTRAL	VERISIÓN 02
FECHA DE APROBACIÓN: 10/10/2020		

EQUIPO:	<b>POLIPASTO CON CADENA 2TN</b>		
CÓDIGO:	<b>PP-06 / PP-07</b>		
<b>A) LUBRICACIÓN</b>			
N°	SISTEMA	LUBRICANTE	FRECUENCIA
01	CADENA Y POLEA DE CARGA	ACEITE	1 MES
02	GANCHO DE IZAJE	GRASA	1 MES
<b>B) AJUSTES Y LIMPIEZA</b>			
N°	SISTEMA	TAREA A EJECUTAR	FRECUENCIA
01	FRENO	AJUSTE Y LIMPIEZA	2 MESES
02	FINAL DE CARRERA	AJUSTE Y LIMPIEZA	1 MES
03	SISTEMA DE CONTROL	AJUSTE Y LIMPIEZA	3 MESES
<b>C) INSPECCIONES</b>			
N°	SISTEMA	TAREA A EJECUTAR	FRECUENCIA
01	FRENO	VERIFICAR CON CARGA	2 MESES
02	FINAL DE CARRERA	PROBAR FUNCIONAMIENTO	1 MES
03	CADENA Y GUÍA	VERIFICAR ESTADOS Y MEDIDAS	2 MESES
<b>D) CAMBIOS A EFECTUAR</b>			
N°	SISTEMA	TIPO	FRECUENCIA
01	MANDO	COLGANTE	6 MESES
02	CABLE DE CONTROL	COLGANTE	1 AÑO
03	GANCHO DE IZAJE	DE IZAJE	8 MESES
04	ACEITE DE CAJA DE ENGRANAJE	SEGÚN GABRICANTE	3 AÑOS

Tabla 4: Mantenimiento preventivo actual de Polipasto con cadena 2tn  
Fuente: Área de Mantenimiento de Galvanometal Perú S.A.C.

De la tabla n°4 se calculó, con la frecuencia y el tiempo de los mantenimientos, que el tiempo aproximado de realizar los mantenimientos preventivos anuales actualmente es de 83 horas.

### 2.3.3 Indicadores actuales: Tiempo medio entre fallas (MTBF), Tiempo medio de reparación (MTTR) y Confiabilidad (R) de los equipos críticos

a) Para el Polipasto con cadena: Los datos fueron tomados del historial de falla de la máquina PP-06 (Anexo 3)

Tiempo total disponible anual =  $10h \times 6d \times 52sem = 3120 \text{ horas}$

Tiempo total perdido por averías = 526 horas

$$MTBF = \frac{3120-526}{8} = 324 \text{ horas} = 32 \text{ días}$$

$$MTTR = \frac{526}{8} = 65.75 \text{ horas}$$

$$R = \frac{324}{324+65.75} \times 100\% = 83.1\%$$

### 2.3.4 Designación del grupo de revisión MCC

Para la recopilación de información del MCC de los equipos críticos, se seleccionó a 4 trabajadores, además de mi persona, con los perfiles recomendados por Moubray en la Figura N° 24, los cuales se muestran en la Figura N° 26. Las reuniones y capacitaciones se adjuntan en el anexo 5.

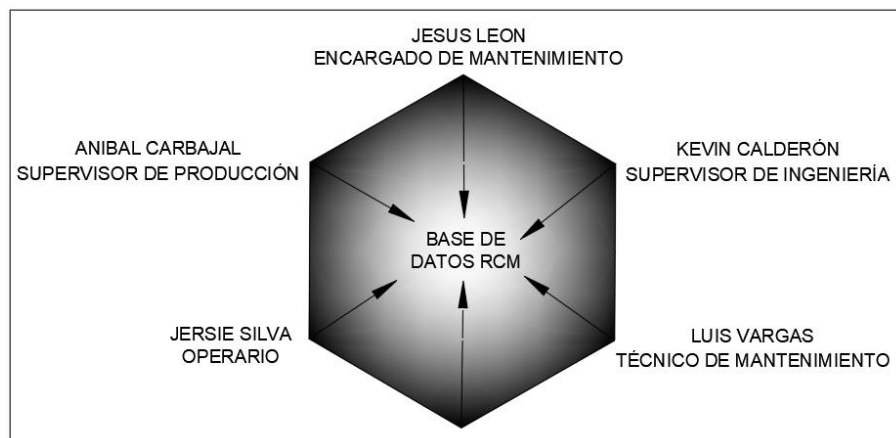


Figura N° 26: Designación de funciones para el grupo de revisión MCC  
Fuente: Elaboración propia

<b>CRONOGRAMA DE CHARLAS Y CAPACITACIÓN</b>	
22/09/2020	BASES TEÓRICAS DEL MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD
29/09/2020	DETERMINACIÓN DE SISTEMAS, SUBSISTEMAS, FALLA Y FALLAS FUNCIONALES
05/10/2020	REALIZACIÓN DE LOS ANÁLISIS DE LOS MODOS Y EFECTOS DE FALLAS
12/10/2020	LEVANTAMIENTO DE DATOS DE LA HOJA DE DECISIÓN MCC

Figura N° 27: Cronograma de las charlas y capacitación del grupo de revisión MCC  
Fuente: Elaboración propia

Además, se impuso un cronograma en el cuál se tuvo toda la participación del grupo de revisión MCC, estas fechas se presentan en la Figura N° 27.

### 2.3.5 Elaboración de la Hoja de Información MCC

a) Determinación de los subsistemas y funciones de los equipos críticos:

<b>POLIPASTO DE CADENA 2TN</b>	
<b>SUBSISTEMAS</b>	<b>FUNCIONES</b>
Sistema de mando/control	1 Transmitir las señales de control correctamente a 24v
	2 Bloquear el sistema en operaciones incorrectas
Sistema trolley	1 Trasladar la carga entre extremos del puente grúa a 2m/s
	2 Mantener carga suspendida en una sola posición
Sistema de izaje	1 Elevar y bajar cargas de hasta 1500kg
	2 Mantener carga de hasta 1500kg suspendida
	3 Elevar y bajar cargas en velocidad alta y velocidad baja (2m/s y 8m/s)

Tabla 5: Determinación de Subsistemas y Funciones de Polipasto de Cadena 2tn  
Fuente: Elaboración propia

b) Hoja de información MCC de los equipos críticos:

HOJA DE INFORMACIÓN RCM		SISTEMA: POLIPASTO DE CADENA 2TN		SISTEMA N°: 1	FECHA: 10/10/2020	HOJA N°: 01	
		SUBSISTEMA: SISTEMA DE MANDO/CONTROL		SUBSISTEMA N°: 1		DE: 06	
FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFECTO DE FALLA				
1	1.A Transmitir incorrectamente las señales de entrada	1	Humedad dentro del sistema de control (Botonera)	Sistema de control (botonera) tiene un sistema de protección contra el agua. Sin embargo, al raspase contra los muros, puede dejar ingresar la humedad del ambiente. Esto ocasiona que los circuitos internos de la botonera de falsas señales. Tiempo de para de máquina para reparar mando de botonera, hasta 4 horas.			
		2	Exceso de polvo en tarjetas de control	El sistema de control central cuenta con una guarda que lo protege de la interperie. El polvo al ser muy fino de todas maneras ingresa y se adhiere a la tarjeta de control. El exceso de este polvo causa falsas señales dentro de la tarjeta de control. Tiempo de para de máquina para limpiar, hasta 2 horas.			
	1.B No transmitir ninguna señal de entrada	1	Terminales de contactor corroídos	El sistema de control tiene un contactor principal, el cual está protegido junto a las tarjetas de control. Los terminales de este contacto puede oxidarse con el tiempo, debido al ambiente húmedo y de alta temperatura en la que se encuentra. Esta corrosión causa que el cable no logro cerrar circuito con el contactor. Tiempo de paro de máquina, hasta 5 horas.			
		2	Desprendimiento de cables por vibración del sistema de control	El polipasto trabajo con cargas pesadas, por lo que la vibración de la operación puede desajustar los cables dentro del sistema de control, haciendo que el circuito se abra. Haciendo que no tansmita señal alguna. Tiempo de paro, hasta de 2 horas.			
		3	Resortes de botonera corrídos	La botonera tiene un mecanismo de resorte, lo cuál hace que los botones regresas a su posición inicial para evitar falsas señales de pulsos. La corrosión puede afectar este mecanismo, haciendo que el botón se quede en una sola posición. Tiempo de paro de máquina, hasta 4 días.			
		4	Rotura de cables por movimientos bruscos del polipasto	Los cables eléctricos que transmiten la señal, son cables delgados, por el movimiento del sistema de control con las vibraciones de la carga puede romper internamente los cables que comunican el mando de control con la tarjeta de control. Tiempo de paro de máquina, hasta 2 días.			
		5	Transformador quemado por baja tensión de alimentación	El tranformador principal que alimenta los contactores deben operar dentro del rango nominal, una baja alimentacion de tensión producirá que la corriente se eleve, teniendo como consecuencia que el transformador se queme. Tiempo de paro de máquina, hasta 3 días.			

HOJA DE INFORMACIÓN RCM		SISTEMA: POLIPASTO DE CADENA 2TN			SISTEMA N°: 1	FECHA: 10/10/2020	HOJA N°: 02
		SUBSISTEMA: SISTEMA DE MANDO/CONTROL			SUBSISTEMA N°: 1		DE: 06
FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFECTO DE FALLA				
2	2.A	Sistema bloqueado permanentemente	1	Sensor atascado por salpicaduras de zinc	El proceso de galvanizado produce salpicaduras de zinc por el bruzco cambio de temperatura que se produce dentro de la cuba de zinc. Esto causa que pequeños trozos de zinc vuelen al exterior, teniendo la probabilidad de caer sobre el sensor, fundirlo y causar que se atasque impidiendo su funcionamiento. Tiempo de paro de máquina, hasta 4 días.		
			2	Quemado de bobina de contactor principal	La manipulación del polipasto es continuo durante el día, los accionamientos son largos porque deben subir la carga y bajarla completamente, sin embargo, los operarios nuevos accionan de manera intermitente, causando un recalentamiento en las bobinas del contactor, fundiendolo y dejandolo fuera de operación. Tiempo de paro de máquina para cambiar, hasta 4 días.		
			3	Exceso de polvo en tarjeta de control	El sistema de control central cuenta con una guarda que lo protege de la interperie. El polvo al ser muy fino de todas maneras ingresa y se adhiere a la tarjeta de control. El exceso de este polvo causa falsas señales dentro de la tarjeta de control. Tiempo de para de máquina para limpiar, hasta 2 horas.		
	2.B	No bloquear sistema en operaciones incorrectas	1	Sensor atascado	El proceso de galvanizado produce salpicaduras de zinc por el bruzco cambio de temperatura que se produce dentro de la cuba de zinc. Esto causa que pequeños trozos de zinc vuelen al exterior, teniendo la probabilidad de caer sobre el sensor, fundirlo y causar que se atasque impidiendo su funcionamiento. Tiempo de paro de máquina para buscar repuesto y cambiarlo, hasta 4 días.		
			2	Exceso de polvo en tarjeta de control	El sistema de control central cuenta con una guarda que lo protege de la interperie. El polvo al ser muy fino de todas maneras ingresa y se adhiere a la tarjeta de control. El exceso de este polvo causa falsas señales dentro de la tarjeta de control. Tiempo de para de máquina para limpiar, hasta 2 horas.		
			3	Sensor abierto	El sensor es normalmente cerrado, cuando el polipasto lo acciona, esta cambia a normalmente abierto, bloqueando el sistema. Una condición poco probable es que este sensor no vuelva a su posición original, produciendo la falla. Tiempo de para de máquina para buscar repuesto, hasta 4 días.		
			4	Botón de emergencia roto	El botón de emergencia bloquea todo el sistema, y se ubica en el mando de control, esta al estar colgado puede sufrir golpes con las estructuras a su alrededor, ocasionando una rotura. Tiempo de para de máquina para repuesto, hasta 4 horas.		
			5	Quemado de bobina de contactor principal	La manipulación del polipasto es continuo durante el día, los accionamientos son largos porque deben subir la carga y bajarla completamente, sin embargo, los operarios nuevos accionan de manera intermitente, causando un recalentamiento en las bobinas del contactor, fundiendolo y dejandolo fuera de operación. Tiempo de paro de máquina para cambiar, hasta 4 días.		

HOJA DE INFORMACIÓN RCM	SISTEMA: POLIPASTO DE CADENA 2TN		SISTEMA N°: 1	FECHA: 10/10/2020	HOJA N°: 03
	SUBSISTEMA: SISTEMA TROLLEY		SUBSISTEMA N°: 2		DE: 06
FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFECTO DE FALLA		
3	3.A	No trasladar carga en extremos de puente grúa	1	Rotura de engranajes de reductor	El reductor se encarga de transmitir el esfuerzo mecánico suficiente para trasladar la carga, un rotura en el reductor hará que los ejes de entrada y salida no tengan una comunicación. Tiempo de para de máquina para reparación, hasta 2 semanas.
			2	Rotura de eje de rueda	El traslado se logra a travéz de las ruedas del trolley, la rotura de eje por una sobrecarga o desgaste por fatiga. Esto hará que el trolley se desplome sobre su base. Tiempo de para de máquina para reparación, hasta 1 semana
			3	Quemado de rectificador de corriente	El sistema trolley se energiza con corriente continua, por lo que es necesario el funcionamiento de un rectificador de corriente, este puede averiarse por una falla del suministro eléctrico. Tiempo de para de máquina para reparación, hasta 6 horas.
			4	Freno demasiado ajustado	El freno impide que la carga se deslice horizontalmente, un mal ajuste del freno, ocasionará que el motor se recaliente y se queme, por el esfuerzo aplicado. El motor ya no podrá transportar la carga. Tiempo de para de máquina, hasta 1 mes.
	3.B	Emitir ruidos al trasladar carga	1	Desgaste de rodamiento	El sistema de traslación del trolley a los largo del puente grúa, se da por las ruedas, las cuales poseen un par de rodamientos en cada extremo, estas por la falta de lubricación o el desgaste por fatiga, puede ocasionar un chillido e por parte del rodamiento, el cual nos avisa de una posible falla mayor que sería la rotura del rodamiento. Tiempo de para de máquina, hasta 4 horas.
			2	Falta de lubricación	Todo el sistema del trolley necesita lubricación, tanto en el reducto como en los rodamientos, una falta de ella, hará que los metales tengan contacto directo, ocasionando ruidos que avisarán al operario una futura falla mayor. Tiempo de para de máquina para lubricación, de hasta 2 horas.
			3	Rotura de dientes de engranaje de reductor	El reductor se encarga de transmitir el esfuerzo mecánico suficiente para trasladar la carga, un rotura menor en uno de los dientes del engranaje dificultará la transmisión de la caja reductora. Tiempo de para de máquina para reparación, hasta 2 semanas.
			4	Exceso de lodo en riel guía	El sistema trolley debe realizar sus funciones sobre una viga "H", el cual debe de estar libre de desperdicios para una traslado eficiente. Tiempo de para de máquina para limpieza de riel, hasta 2 horas.
			5	Mal montaje del trolley	El trolley debe de estar montado de manera correcta, sin dejar luz entre la estructura del trolley y la viga "H". Esto ocasionaría que la carga se desbalance y una parte de la estructura de raspe con el riel. Tiempo de paro de máquina, de hasta 3 horas.
			6	Desprendimiento de pernos de fijación	La estructura del trolley con el movimiento puede ocasionar que los pernos de fijación de la estructura se aflojen, ocasionando una vibración peligrosa sobre el sistema trolley. Tiempo de para de máquina para ajustes, de hasta 2 horas.

HOJA DE INFORMACIÓN RCM		SISTEMA: POLIPASTO DE CADENA 2TN		SISTEMA N°: 1	FECHA: 10/10/2020	HOJA N°: 04	
HOJA DE INFORMACIÓN RCM		SUBSISTEMA: SISTEMA TROLLEY		SUBSISTEMA N°: 2	FECHA: 10/10/2020	DE: 06	
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFECTO DE FALLA			
4	Mantener carga suspendida en una sola posición	4.A No mantener carga suspendida en una sola posición	1	Rotura de engranajes de reductor	El reductor se encarga de transmitir el esfuerzo mecánico suficiente para trasladar la carga, un rotua en el reductor hará que los ejes de entrada y salida no tengan una comunicación. Tiempo de para de máquina para reparación, hasta 2 semanas.		
			2	Exceso de lubricación en las ruedas	Las ruedas disponen de un freno para mantener la ubicación del sistema, una lubricación excesiva hará que las ruedas patines sobre los rieles cuando se le aplique una carga considerable. Tiempo de paro de máquina para limpieza de lubricante, de hasta 2 horas.		
			3	Guía de cadena barrida	El desgaste la guía de cadena se da tras el uso considerable del sistema trolley, esto ocasiona que la cadena con la guía no tenga un ajuste correcto, y esta resbale del uno al otro. Tiempo de paro de máquina para cambio de repuesto, de hasta 4 días.		
			4	Cadena de transmisión desgastada	El desgaste la cadena se da tras el uso considerable del sistema trolley, esto ocasiona que la cadena con la guía no tenga un ajuste correcto, y esta resbale del uno al otro. Tiempo de paro de máquina para cambio de repuesto, de hasta 4 días.		
HOJA DE INFORMACIÓN RCM		SISTEMA: POLIPASTO DE CADENA 2TN		SISTEMA N°: 1	FECHA: 10/10/2020	HOJA N°: 05	
HOJA DE INFORMACIÓN RCM		SUBSISTEMA: SISMETA DE IZAJE		SUBSISTEMA N°: 3	FECHA: 10/10/2020	DE: 06	
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFECTO DE FALLA			
5	Elevar y bajar cargas de hasta 1500kg	5.A No elevar ni bajar cargas de hasta 1500 kg	1	Freno demasiado ajustado	El freno se debe ajustar cada periodo de tiempo, ya que este se desgasta y necesita una recalibración, un exceso de ajuste ocasiona que la fricción sea tan elevada que bloquea el circuito a operar correctamente. Tiempo de paro de hasta 2 horas.		
			2	Baja tensión de alimentación	Una baja tensión en la alimentación eléctrica, ocasiona una sobrecorriente en todo el sistema eléctrico, haciendo que las bobinas del motor se recalienten. Por lo que es necesario configurar el UPS a la tensión correspondiente. Tiempo de para de máquina, hasta 1 hora.		
			3	Desgaste en contactos del contactor principal	El sistema de elevación se da por los contactores dentro del sistema de control, estas pueden desgastarse por el uso diario del polipasto. Tiempo de para de máquina, de hasta 4 horas.		
			4	Rotura de engranaje de caja reductora	El reductor se encarga de transmitir el esfuerzo mecánico suficiente para trasladar la carga, un rotura en el reductor hará que los ejes de entrada y salida no tengan una comunicación. Tiempo de para de máquina para reparación, hasta 2 semanas.		
			5	Rotura de protector de guía de cadena	La cadena del polipasto, necesita de una guía para no enredarse entre sí al momento de operar normalmente, por el continuo esfuerzo o uso, esta cadena se quebrará por lo que es necesario un repuesto, Tiempo de para de máquina de hasta 2 días.		
			6	Desenergización del sistema	Una mala manipulación del operario, puede acarriar en de desenergización del sistema a causa de la activación de un sistema de control, un ITM o guarda motor, que está localizado en tu tablero de control. Tiempo de para de máquina, de hasta 1 hora.		



HOJA DE INFORMACIÓN RCM		SISTEMA: POLIPASTO DE CADENA 2TN			SISTEMA N°: 1	FECHA: 10/10/2020	HOJA N°: 06
		SUBSISTEMA: SISMETA DE IZAJE			SUBSISTEMA N°: 3		DE: 06
5	Elevar y bajar cargas de hasta 1500kg	5.B	No lograr altura requerida por el usuario	1	Desgaste de disco de fricción	El disco de fricción permite el agarre entre la salida de la caja reductora con el sistema de izamiento, logrando elevar la carga. Un desgaste ocasionado por el uso no permitirá elevar la carga mayor a la altura deseada por el usuario. Tiempo de para de máquina para repuesto, hasta 1 mes.	
				2	Guía de cadena desgastada	El desgaste la guía de cadena se da tras el uso considerable del sistema, esto ocasiona que la cadena con la guía no tenga un ajuste correcto, y esta resbale del uno al otro, ocasionando que la carga no se eleve desde una determinada altura. Tiempo de paro de máquina para cambio de repuesto, de hasta 4 días.	
6	Mantener carga de hasta 1500kg suspendida	6.A	No mantener carga suspendida de hasta 1500 kg	1	Quemado de bobina de contactor de freno	La manipulación del polipasto es continuo durante el día, los accionamientos son largos porque deben subir la carga y bajarla completamente, sin embargo, los operarios nuevos accionan de manera intermitente, causando un recalentamiento en las bobinas del contactor, fundiendolo y dejandolo fuera de operación. Tiempo de paro de máquina para cambiar, hasta 4 días.	
				2	Desgaste de disco de freno	El disco de freno permite el agarre entre la salida de la caja reductora con el sistema de izamiento, logrando mantener la carga. Un desgaste ocasionado por el uso no permitirá mantener la carga deseada por el usuario. Tiempo de para de máquina para repuesto, hasta 1 mes.	
				3	Rotura de engranaje de caja reductora	El reductor se encarga de transmitir el esfuerzo mecánico suficiente para mantener suspendida la carga, un rotura en el reductor hará que los ejes de entrada y salida no tengan una comunicación. Tiempo de para de máquina, hasta 2 semanas.	
7	Elevar y bajar cargas en velocidad alta y velocidad baja (2m/s y 8m/s)	7.A	Trabaja solo en una velocidad	1	Puente de contactor principal abierto	El sistema de alta y baja velocidad se da al intercambiar estados entre 3 contactores, este sistema falla si uno de los contactores se abre, el circuito no logra volver a su posición original por una falla en la bobina. Tiempo de para de máquina, hasta 5 días.	
				2	Terminales de pulsador doble contacto quebrados	El sistema de cambio de velocidad se da por la presión de un pulsador de doble contacto, esta puede averiarse por la oxidación o rotura del resorte interno de los pulsadores de doble contacto. El tiempo de paro de máquina, hasta 3 horas.	

Tabla 6: Hoja de información MCC de polipasto de cadena  
Fuente: Elaboración propia

### 2.3.6 Levantamiento de datos de las Hoja de Decisión MCC<sup>13</sup>

HOJA DE DECISIÓN RCM		SISTEMA: POLIPASTO DE CADENA 2TN												SISTEMA N°: 1	FECHA: 10/10/2020	HOJA N°: 01 DE: 01					
REFERENCIA DE INFOR.		EVALUACIÓN DE LA CONSEJ.						H1 H2 H3 S1 S2 S3 O1 O2 O3						ACCIÓN A FALTA DE						INTERVALO INICIAL	A REALIZAR POR
F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	H6	TAREA PROPUESTA								
SISTEMA DE MANDO/CONTROL																					
1	1.A	1	S	N	N	S	S								Verificar el correcto funcionamiento de la botonera al inicio de jornada	Diario	Operador				
1	1.A	2	S	N	N	S	S								Sopletear con aire comprimido tarjeta de control	Semanal	Eléctrico				
1	1.B	1	S	N	N	S	S								Verificar corrosión dentro de cabina de control	Mensual	Eléctrico				
1	1.B	2	S	N	N	S	S								Verificar cables sueltos dentro de cabina de control	Mensual	Eléctrico				
1	1.B	3	S	N	N	S	S								Verificar el correcto funcionamiento de la botonera al inicio de jornada	Diario	Operador				
1	1.B	4	S	N	N	S	S								Verificar cables rotos dentro de cabina de control	Mensual	Eléctrico				
1	1.B	5	S	N	N	S	S								Verificar estado del transformador de corriente a 24V	Trimestral	Eléctrico				
2	2.A	1	S	N	N	S	S								Verificar funcionamiento del botón de emergencia	Diario	Operador				
2	2.A	2	S	N	N	S	S								Verificar el correcto funcionamiento de la botonera al inicio de jornada	Diario	Operador				
2	2.A	3	S	N	N	S	S								Sopletear con aire comprimido tarjeta de control	Semanal	Eléctrico				
2	2.B	1	N	-	-	-	N	N	N	S					Verificar funcionamiento de final de carrera	Mensual	Eléctrico				
2	2.B	2	N	-	-	-	N	N	N	S					Sopletear con aire comprimido tarjeta de control	Semanal	Eléctrico				
2	2.B	3	N	-	-	-	N	N	N	S					Verificar funcionamiento de final de carrera	Mensual	Eléctrico				
2	2.B	4	N	-	-	-	N	N	N	S					Verificar funcionamiento del botón de emergencia	Diario	Operador				
2	2.B	5	N	-	-	-	N	N	N	N					Ningún mantenimiento programado	-	-				
SISTEMA TROLLEY																					
3	3.A	1	S	N	N	S	S								Verificar presencia de sólidos dentro del aceite de caja reductora	Trimestral	Mecánico				
3	3.A	2	S	N	N	S	N	N	N	N					Ningún mantenimiento programado	-	-				
3	3.A	3	S	N	N	S	N	N	N	N					Ningún mantenimiento programado	-	-				
3	3.A	4	S	N	N	S	N	N	N	S					Verificar correcta velocidad de traslado	Diario	Operador				
3	3.B	1	S	N	N	S	N	N	N	S					Inspección auditiva en busca de ruido anormal	Diario	Operador				
3	3.B	2	S	N	N	S	N	N	N	S					Lubricar correctamente ruedas y rodamientos	Mensual	Mecánico				
3	3.B	3	S	N	N	S	N	N	N	S					Inspección auditiva en busca de ruido anormal	Diario	Operador				
3	3.B	4	S	N	N	S	N	N	N	S					Inspección auditiva en busca de ruido anormal	Diario	Operador				
3	3.B	5	S	N	N	S	N	N	N	S					Inspección auditiva en busca de ruido anormal	Diario	Operador				
3	3.B	6	S	N	N	S	N	N	N	S					Inspección auditiva en busca de ruido anormal	Diario	Operador				
4	4.A	1	S	S	-	-	S								Verificar presencia de sólidos dentro del aceite de caja reductora	Trimestral	Mecánico				
4	4.A	2	S	S	-	-	N	N	N	N					Ningún mantenimiento programado	-	-				
4	4.A	3	S	S	-	-	N	N	N	S					Verificar desgaste de guía de cadena	Mensual	Mecánico				
4	4.A	4	S	S	-	-	N	N	N	S					Verificar desgaste de cadena	Mensual	Mecánico				
SISTEMA DE IZAJE																					
5	5.A	1	S	N	N	S	N	N	N	S					Verificar correcta velocidad de traslado	Diario	Operador				
5	5.A	2	S	N	N	S	S								Verificar correcta tensión del suministro eléctrico de alimentación	Semanal	Eléctrico				
5	5.A	3	S	N	N	S	S								Verificar desgaste de contactos eléctricos dentro de cabina de control	Mensual	Eléctrico				
5	5.A	4	S	N	N	S	S								Verificar presencia de sólidos dentro del aceite de caja reductora	Trimestral	Mecánico				
5	5.A	5	S	N	N	S	S								Verificar desgaste de guía de cadena	Mensual	Mecánico				
5	5.A	6	S	N	N	S	N	N	N	S					Verificar suministro eléctrico de alimentación	Diario	Operador				
5	5.B	1	S	N	N	S	S								Verificar desgaste de disco de fricción	Mensual	Mecánico				
5	5.B	2	S	N	N	S	S								Verificar desgaste de guía de cadena	Mensual	Mecánico				
6	6.A	1	S	S	-	-	N	N	N	N					Ningún mantenimiento programado	-	-				
6	6.A	2	S	S	-	-	S								Verificar desgaste de disco de freno	Mensual	Mecánico				
6	6.A	3	S	S	-	-	S								Verificar presencia de sólidos dentro del aceite de caja reductora	Trimestral	Mecánico				
7	7.A	1	S	N	N	S	S								Verificar funcionamiento de contactores dentro de cabina de control	Mensual	Eléctrico				
7	7.A	2	S	N	N	S	N	N	N	S					Verificar funcionamiento de los botones de doble contacto	Diario	Operador				

Tabla 7: Hoja de decisiones MCC de polipasto de cadena 2tn

Fuente: Elaboración propia

<sup>13</sup> La descripción y leyendas de abreviaturas de la tabla N°7 se detallan en las Figuras N°22 y N°23.

### 2.3.7 Nuevo plan de mantenimiento preventivo de Polipasto de Cadena

Consolidando la información de la hoja de decisiones, se logró concretar un nuevo mantenimiento que abarca todos los modos de falla del Polipasto de cadena 2tn.

EQUIPO:	POLIPASTO CON CADENA 2TN		
CÓDIGO:	PP-06 / PP-07		
A) LUBRICACIÓN			
N°	SISTEMA	LUBRICANTE	FRECUENCIA
01	CADENA Y POLEA DE CARGA	ACEITE	1 MES
02	RODAMIENTOS DE RUEDA TROLLEY	ACEITE	1 MES
B) AJUSTES Y LIMPIEZA			
N°	SISTEMA	TAREA A EJECUTAR	FRECUENCIA
01	CABINA DE CENTRO DE CONTROL	SOPLETEAR CON AIRE COMPRIMIDO	SEMANAL
02	FINAL DE CARRERA	AJUSTE Y LIMPIEZA	1 MES
C) INSPECCIONES			
N°	SISTEMA	TAREA A EJECUTAR	FRECUENCIA
01	CABLES Y CABINA DE CENTRO DE CONTROL	VERIFICAR CORROSIÓN Y ROTURAS	MENSUAL
02	CADENA Y GUÍ DE CADENA	VERIFICAR DESGASTE	MENSUAL
03	TRANSFORMADOR DE ALIMENTACIÓN	VERIFICAR ESTADO	TRIMESTRAL
04	CAJA REDUCTORA	INSPECCIÓN DE ACEITE	TRIMESTRAL
05	SUMINISTRO ELÉCTRICO	INSPECCIÓN DE TENSIONES	SEMANAL
05	DISCO DE FRENO Y DE FRICCIÓN	INSPECCIÓN DEL DESGASTE	MENSUAL
D) CAMBIOS A EFECTUAR			
N°	SISTEMA	TIPO	FRECUENCIA
01	MANDO	COLGANTE	6 MESES
02	CABLE DE CONTROL	COLGANTE	1 AÑO
03	GANCHO DE IZAJE	DE IZAJE	8 MESES
04	ACEITE DE CAJA DE ENGRANAJE	SEGÚN GABRICANTE	3 AÑOS

Tabla 8: Propuesta de mantenimiento preventivo de Polipasto de cadena 2tn  
Fuente: Elaboración propia

De la tabla n°8 se calculó, con la frecuencia y el tiempo de los mantenimientos, que el tiempo aproximado de realizar los nuevos mantenimientos preventivos anuales serán de 97 horas.

### 2.3.8 Nuevos cálculos de Indicadores actuales MTBF, MTTR y R de los equipos críticos

A continuación, se calculó los nuevos indicadores de la gestión de mantenimiento de los equipos críticos, para probar la eficiencia de la implementación de la metodología del MCC en los planes de mantenimiento actuales de la empresa Galvanometal Perú S.A.C.

- a) El tiempo total disponible anual, fue el mismo de siempre, ya que es el tiempo que la máquina debe operar sin problemas durante un año.

$$\text{Tiempo total disponible anual} = 10h \times 6d \times 52sem = 3120 \text{ horas}$$

- b) En el tiempo total perdido por averías, se redujo el tiempo por la búsqueda de repuestos, además del tiempo que involucraron una falta de capacitación o conocimiento de la falla. Ya que la Hoja de Información del MCC nos proporciona los repuestos que debemos mantener en stock, además de capacitar al personal de mantenimiento sobre los modos de falla de los equipos críticos.

$$\text{Tiempo total perdido por averías} = 122 \text{ horas}$$

- c) Cálculo de los indicadores propuestos por el nuevo plan de mantenimiento:

$$\text{Tiempo medio entre fallas MTBF} = \frac{3120-122}{8} = 374.25 \text{ horas} = 37 \text{ días}$$

$$\text{Tiempo medio de reparación MTTR} = \frac{122}{8} = 15.25 \text{ horas}$$

$$\text{Confiabilidad} = \frac{374.25}{374.25+15.25} \times 100\% = 96.08\%$$

## 2.4 Resultados

### 2.4.1 Comparación de los mantenimientos preventivos de los equipos críticos.

	MANTENIMIENTO ACTUAL	IMPLEMENTACIÓN DEL MCC
TIEMPO DEDICADO A MANTENIMIENTO PREVENTIVO	83 HORAS	97 HORAS
TIEMPO DEDICADO A MANTENIMIENTO CORRECTIVO	526 HORAS	122 HORAS
TIEMPO MEDIO ENTRE FALLAS	324 HORAS	374.25 HORAS
TIEMPO MEDIO ENTRE REPARACIÓN	65.75 HORAS	15.25 HORAS
CONFIABILIDAD	83.10%	96.08%

Tabla 9: Comparación del modelo actual con el nuevo modelo de mantenimiento  
Fuente: Elaboración propia

Vemos, en la Tabla N°9, el incremento de 14 horas anuales del tiempo utilizado en el mantenimiento preventivo. Sin embargo, el tiempo del mantenimiento correctivo ha disminuido 404 horas del total, que es un poco más de 75%. Recordemos que el mantenimiento correctivo, son mantenimientos no planeados que traen consigo gastos de operación y gastos de producción. Por lo que el incremento de las 14 horas del mantenimiento preventivo, no causa ninguna implicancia ni gastos adicionales, más que el gasto de operación.

Cómo segundo punto, continuando el análisis de la Tabla N°9, el indicador “Tiempo Medio Entre Fallas” aumentó 50.25 horas, lo que nos da a entender que el Polipasto de Cadena, tendrá un mayor tiempo de continuó funcionamiento antes de que sufra una falla. Lo mismo sucede con el indicador “Tiempo Medio Entre Reparación”, que ha disminuido 50.50 horas, optimizando el tiempo que gasta el área de mantenimiento en cada reparación. Esto se da porque en la implementación del MCC, se da a conocer

todos los posibles modos de fallas, y los repuestos que se necesitarán tener en stock para una rápida reparación de la máquina.

Finalmente, en la Tabla N°9 vemos que el porcentaje de Confiabilidad(R) aumentó un 12.02%, dándonos una mayor probabilidad de que el equipo lleve a cabo su función adecuadamente en un determinado tiempo.

## 2.42 Porcentaje del cumplimiento del plan de producción 2019 y la propuesta de mejora gracias a la implementación del MCC

% DEL CUMPLIMIENTO DEL PLAN DE PRODUCCIÓN 2019				PARO DE MÁQUINA	
	META	CUMPLIDO	DESFASE	HORAS	% PP-06
ENERO	90%	76%	14%	160 HORAS	10%
FEBRERO	90%	75%	15%	180 HORAS	11%
MARZO	90%	85%	5%	60 HORAS	3%
ABRIL	90%	89%	1%	20 HORAS	1%
MAYO	90%	89%	1%	0 HORAS	0%
JUNIO	90%	90%	0%	0 HORAS	0%
JULIO	90%	85%	5%	30 HORAS	1.5%
AGOSTO	90%	94%	-4%	0 HORAS	0%
SETIEMBRE	90%	83%	7%	60 HORAS	3%
OCTUBRE	90%	78%	12%	0 HORAS	0%
NOVIEMBRE	90%	90%	0%	0 HORAS	0%
DICIEMBRE	90%	87%	3%	16 HORAS	1%
PROMEDIO	90%	85%	5%	PROMEDIO	3%

Tabla 10: Porcentaje de cumplimiento mensual 2019 y relación con fallas de PP-06  
Fuente: Elaboración propia

En la tabla N°10, observamos cómo la implementación del MCC hubiese repercutido directamente al porcentaje del cumplimiento anual 2019, reduciendo hasta un 3% del total de las pérdidas del cumplimiento del plan de producción.

## CONCLUSIONES

1. Los indicadores de gestión de mantenimiento, MTBF y MTTR, obtenidos después de la implementación del M.C.C. fueron optimizados en contraste con los indicadores del año 2019. Esto se debe al nuevo nivel de análisis que obtuvieron todos los involucrados sobre las fallas de las máquinas, y a la identificación de los repuestos que necesitarían en caso de que se presente una falla. Todo esto ayudó a que los tiempos producidos por búsqueda de repuestos y el tiempo por determinar la ubicación de la falla, sean reducidos casi en su totalidad.
2. Se aumentó el porcentaje de Confiabilidad en un 12.02% de los equipos críticos de la línea de producción principal de Galvanometal Perú S.A.C. Esto se debe a que los indicadores de gestión de mantenimiento fueron optimizados, dando como resultado una mayor probabilidad de que el equipo lleve a cabo su función adecuadamente en un determinado tiempo.
3. La comparación de los indicadores utilizados por la gerencia de operaciones entre el año 2019 y el propuesto, son positivos, ya que se observa que el porcentaje de cumplimiento del plan de producción anual hubiera aumentado hasta en un 3% en el promedio mensual con la implementación del nuevo plan de mantenimiento, resultado de la implementación de la metodología del M.C.C.

La implementación de la metodología del M.C.C. se caracterizó porque el estudio que se realizó para determinar todos los modos y efectos de fallas de los equipos críticos lo realizaron todos los involucrados del equipo de revisión MCC<sup>14</sup>, lo cual garantizó que cada área comprendiera el valor de los mantenimientos preventivos y la ventaja que proponía los nuevos cambios que se quieren realizar.

---

<sup>14</sup> Se refiere a la Figura N°26: Designación de funciones para el grupo de revisión MCC

## RECOMENDACIONES

Considerando la importancia que tiene esta investigación y en función de los resultados obtenidos se formulan algunas sugerencias tanto para el personal de mantenimiento como para el personal administrativo, esto con la finalidad de optimizar el proceso de producción de una industria, ya que la producción y el mantenimiento de los equipos están estrechamente relacionadas con el fin de entregar un bien de calidad a un cliente externo; para ello se hace llegar las siguientes recomendaciones:

- Realizar estudios sobre los análisis del modo y efectos de fallas (AMEF), de los equipos semicríticos de los procesos de producción.
- Rediseñar la estructura o sistema de un equipo crítico para optimizar los indicadores MTTR, MTBF.
- Implementar nuevas metodologías de mantenimiento, con la finalidad de aumentar el porcentaje de confiabilidad de los equipos críticos de una línea de producción.



## BIBLIOGRAFÍA

- Alfaro Solís, R.A. (2016). *Implementación de un Plan de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) para Planta Golosinas Nestlé Perú*. Lima, Perú.
- Barreda Beltrán, S.B. (2015). *Plan de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (R.C.M.) en la Edar de Nules-Vilavella*. Valencia, España.
- Bloom, N.B. (2006). *Reliability Centered Maintenance (RCM)*. USA: McGraw-hill Education.
- Boucly, F.B. (1997). *Gestión del Mantenimiento*. Madrid, España: AENOR.
- Moubray IV, J. M. (2004). *Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (Vol. 2 Edición en Español)*. Asheville, North Carolina, USA: Aladon LLC.
- Parra Márquez, C.P. y Crespo Márquez, A.C. (2001). *Métodos de Análisis de Criticidad y Jerarquización de Activos*. Sevilla, España
- Poveda Guevara, A.P. (2011). *Aplicación de la Metodología de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad para el Desarrollo de Planes de Mantenimiento*. Guayaquil, Ecuador.
- Ramírez Ortiz, J.R. (2017). *Elaboración de un análisis de criticidad y disponibilidad para la atracción x-treme del parque mundo aventura, tomando como referencia las normas, SAE JA1011 y SAE JA1012*. Bogotá, Argentina.
- SAE JA1011, S.J. (1999). *Evaluation Criteria for Reliability-centered Maintenance (RCM) Processes*. USA: SAE.
- SAE JA1012, S.J. (2002). *A Guide to the Reliability-centered Maintenance (RCM) Standard*. USA: SAE.


## ANEXOS

### Anexo 1. Matriz de consistencia


MATRIZ DE CONSISTENCIA				
IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA DEL MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD (MCC) PARA MEJORAR EL PLAN DE MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS CRÍTICOS EN GALVANOMETAL PERU S.A.C.				
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	VARIABLES	DIMENSIONES (CARACTERÍSTICAS)	INDICADORES
¿CÓMO IMPLEMENTAR LA METODOLOGÍA DEL MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD (MCC) PARA MEJORAR EL PLAN DE MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS CRÍTICOS EN GALVANOMETAL PERU S.A.C.?	IMPLEMENTAR LA METODOLOGÍA DEL M.C.C. ANALIZANDO LOS MODOS Y EFECTO DE FALLAS DE LOS EQUIPOS CRÍTICOS EN GALVOMETAL PERU SAC.			
P. ESPECÍFICOS	O. ESPECÍFICOS			
¿CÓMO SE REDUCIRÁ EL TIEMPO DE PARADAS POR AVERÍAS EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN PRINCIPAL EN GALVANOMETAL PERÚ S.A.C.?	REDUCIR EL TIEMPO DE PARADAS POR AVERÍAS TOMANDO COMO REFERENCIA LOS INDICADORES MTBF Y MTTR EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN PRINCIPAL EN GALVANMOETAL PERÚ S.A.C	MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD (MCC)	- TIEMPO DE PARADAS POR FALLAS	- DISPONIBILIDAD DEL EQUIPO - MTBF - MTTR
¿CÓMO SE APLICARÁ LA METODOLOGÍA DEL M.C.C. PARA INCREMENTAR LA CONFIABILIDAD DE LOS EQUIPOS CRÍTICOS EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN PRINCIPAL EN GALVANOMETAL PERÚ S.A.C.?	APLICAR LA METODOLOGÍA DEL M.C.C. PARA AUMENTAR EL PORCENTAJE DE CONFIABILIDAD DE LOS EQUIPOS CRÍTICOS EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN PRINCIPAL EN GALVANOMETAL PERU SA.C.		- CONFIABILIDAD DEL EQUIPO - CUMPLIMIENTO DE PLANES DE PRODUCCIÓN	- INDICADORES DEL CUMPLIMIENTO DE LA PROGRAMACIÓN DE PRODUCCIÓN
¿CÓMO SE AUMENTARÁ EL PORCENTAJE DE CUMPLIMIENTOS DE LOS PLANES DE PRODUCCION EN GALVANOMETAL PERÚ S.A.C.?	COMPARAR EL PORCENTAJE DE CUMPLIMIENTO DE LOS PLANES DE PRODUCCIÓN DIARIA CON LOS INDICADORES UTILIZADOS POR LA GERENCIA DE OPERACIONES ANTES Y DESPUÉS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA DEL MCC.			

MTBF = Mean Time Between Failures ; MTTR = Mean Time To Repair

## Anexo 2. Lista maestra Galvanometal Perú S.A.C.


		SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN					Código: OP-001- FOMN
FECHA DE APROBACIÓN: 10/10/2020		LISTA MAESTRA					Versión 02
							P. 1 de 1
LISTA MAESTRA DE EQUIPOS - HERRAMIENTAS							
SECTOR	N°	COD-MA	DESCRIPCIÓN	MARCA	TENSIÓN	T. CONEXIÓN	POTENCIA
<b>GALVANIZADO (GV)</b>							
POLIPASTO (PP)	001	PP-01	POLIPASTO CON CADENA 2TN	CODEMA	220V/60HZ	TRIFÁSICO	1.65 KW
	002	PP-02	POLIPASTO CON CADENA 2TN	DEMAG	440V/480V	TRIFÁSICO	2.6 KW
	003	PP-03	POLIPASTO CON CADENA 2TN	DEMAG	440V/480V	TRIFÁSICO	2.6 KW
	004	PP-04	POLIPASTO CON CADENA 2TN	TXX	220V/440V	TRIFÁSICO	3 KW
	005	PP-05	POLIPASTO CON CADENA 2TN	FEC	220V/440V/60HZ	TRIFÁSICO	3 KW
	006	PP-06	POLIPASTO CON CADENA 2TN	FEC	220V/440V/60HZ	TRIFÁSICO	3 KW
	007	PP-07	POLIPASTO CON CADENA 2TN	FEC	220V/440V/60HZ	TRIFÁSICO	3 KW
PUENTE GRÚA (PG)	008	PG-01	PUENTE GRÚA 5 TN	ELEVE (PG-1A)	220V/60HZ	TRIFÁSICO	0.75 KW
				ELEVE (PG-1B)	220V/60HZ	TRIFÁSICO	0.75 KW
	009	PG-02	PUENTE GRÚA 5 TN	ELEVE (PG-2A)	220V/60HZ	TRIFÁSICO	0.75 KW
				ELEVE (PG-2B)	220V/60HZ	TRIFÁSICO	0.75 KW
	010	PG-03	PUENTE GRÚA 5 TN	ELEVE (PG-3A)	220V/60HZ	TRIFÁSICO	0.75 KW
ELEVE (PG-3B)				220V/60HZ	TRIFÁSICO	0.75 KW	
011	PG-04	PUENTE GRÚA 5 TN	ELEVE (PG-4A)	220V/440V	TRIFÁSICO	1.5 KW	
			ELEVE (PG-4B)	220V/440V	TRIFÁSICO	1.5 KW	
TOLVA GALVA. (TG)	012	TG-01	TOLVA DE GALVANIZADO	HECHIZA	220V/440V	TRIFÁSICO	0.75 KW
HORNO GALV (HG)	013	HG-01	HORNO DE GALVANIZADO	CIC PITTBURGH	230V/400V	TRIFÁSICO	5.5 KW
TRANSP. MAT. (TM)	014	TM-01	TRANSPORTADOR DE MATERIALES	HECHIZA	220V	TRIFÁSICO	2.2 KW
FILTRO FLUX (FF)	015	FF-01	FILTRO DE FLUX	HECHIZA	220V	TRIFÁSICO	0.75 KW
FILTRO MANGA (FM)	016	FM-01	FILTRO DE MANGAS	WEG	220V	TRIFÁSICO	15 KW
				DELGROSA	220V	TRIFÁSICO	1.5 KW
INTER. CALOR (IC)	017	IC-01	INTERCAMBIADOR DE CALOR - FLUX	HECHIZA	220V	TRIFÁSICO	0.75 KW
COMPRESOR (CP)	018	CP-01	COMPRESOR TORNILLO GX4	ATLAS COPCO	220V	TRIFÁSICO	4 KW
TRONZADORA (TM)	019	TZ-01	TRONZADORA DE MATERIALES 14"	DEWALT	220V	MONOFÁSICO	2.2 KW
OXICORTE (OX)	020	OX-01	EQUIPO OXICORTE	-----	-----	-----	-----
	021	OX-02	EQUIPO OXICORTE	-----	-----	-----	-----
<b>LIMP. SUPERF. (LS)</b>							
AMOLADORA (AM)	022	AR-01	AMOLADORA RECTA (NS:803100086)	BOSCH	220V	MONOFÁSICO	0.5 KW
	023	AM-01	AMOLADORA 4 1/2" (NS:005936)	DEWALT	220V	MONOFÁSICO	1.4 KW
	024	AM-02	AMOLADORA 4 1/2" (NS:004578)	DEWALT	220V	MONOFÁSICO	1.4 KW
	025	AM-03	AMOLADORA 4 1/2" (NS:191042)	DEWALT	220V	MONOFÁSICO	1.4 KW
	026	AM-04	AMOLADORA 4 1/2" (NS:006056)	DEWALT	220V	MONOFÁSICO	0.9 KW
	027	AM-05	AMOLADORA 4 1/2" (NS:209870)	DEWALT	220V	MONOFÁSICO	0.9 KW
	028	AM-06	AMOLADORA 4 1/2" (NS:196301)	DEWALT	220V	MONOFÁSICO	0.9 KW
	029	AM-07	AMOLADORA 4 1/2" (NS:113839)	DEWALT	220V	MONOFÁSICO	1.5 KW
	030	AM-08	AMOLADORA 4 1/2" (NS:113843)	DEWALT	220V	MONOFÁSICO	1.5 KW
	031	AM-09	AMOLADORA 4 1/2" (NS:802068876)	BOSCH	220V	MONOFÁSICO	0.9 KW
	032	AM-10	AMOLADORA 4 1/2" (NS:811031051)	BOSCH	220V	MONOFÁSICO	0.9 KW
	033	AM-11	AMOLADORA 4 1/2" (NS:907037321)	BOSCH	220V	MONOFÁSICO	0.9 KW
	034	AM-12	AMOLADORA 4 1/2" (NS:907037310)	BOSCH	220V	MONOFÁSICO	0.9 KW
	035	AM-13	AMOLADORA 4 1/2" (NS:907037278)	BOSCH	220V	MONOFÁSICO	0.9 KW
036	AM-14	AMOLADORA 4 1/2" (NS:907037311)	BOSCH	220V	MONOFÁSICO	0.9 KW	
<b>DESPACHO (DP)</b>							
MONTACARGA (MT)	037	MT-01	MONTACARGA 3Tn	HYUNDAI 30L-7	-----	-----	-----
ESTOCA (EH)	038	EH-01	ESTOCA HIDRÁULICA CON BALANZA	BASSLER	-----	-----	-----
	039	EH-02	ESTOCA HIDRÁULICA	BASSLER	-----	-----	-----
	040	EH-03	ESTOCA HIDRÁULICA	BASSLER	-----	-----	-----
FUMIGADOR(FU)	041	FG-01	FUMIGADOR A MOTOR DE COMBUSTIÓN	BART (BR 4010)	GASOLINA	2 TIEMPOS	-----
<b>MANTENIMIENTO (MO)</b>							
MAQ. SOLDAR (MS)	042	MS-01	MÁQUINA DE SOLDAR PORTÁTIL	ESAB 200	220V	MONOFÁSICO	200A
	043	MS-02	MÁQUINA DE SOLDAR AC/DC	INDURA 300	220V	MONOFÁSICO	300A
ESM. BANC. (EB)	044	EB-01	ESMERIL DE BANCO	BLACH DECKER	220V	MONOFÁSICO	0.373 KW
<b>HERRAMIENTAS (HE)</b>							
TAB. DIST. (TB)	045	TB-01	TABLERO DISTRIBUCIÓN PORTÁTIL	HECHIZA	220V	MONOFÁSICO	-----
TAB. DIST. (TB)	046	TB-02	TABLERO DISTRIBUCIÓN PORTÁTIL	HECHIZA	220V	MONOFÁSICO	-----
<b>OTROS (OT)</b>							
BOM. AGUA (BA)	047	BA-01	BOMBA DE AGUA	KAILI	220V	MONOFÁSICO	0.37 KW
TRANS. (TF)	048	TF-01	TRANSFORMADOR 220 - 440v 5KW	EPLI	220V / 440V	TRIFÁSICO	5 KW
	049	TF-02	TRANSFORMADOR 220 - 440v 5KW	EPLI	220V / 440V	TRIFÁSICO	5 KW

### Anexo 3. Historial de fallas de PP-06 del año 2019.

	<b>SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN</b>	Código: OP-004-FOMN
		Versión 02
Fecha de Aprobación: 10/10/2020	<b>HISTORIAL DE FALLAS</b>	Página 1 de 1


N° OT	FECHA	MANTTO CORRECTIVO	CÓDIGO	FALLA	MÉTODO CORRECTIVO	CAUSA	TIEMPO DE AVERÍA	TIEMPO DE REPARACIÓN	N° ANUAL DE FALLAS
20190025	15/01/2019	CORRECTIVO	PP.06	FALLA DE SISTEMA DE CONTROL	SE CAMBIÓ DE SISTEMA ELECTRÓNICO A SISTEMA DE CONTACTORES	CONDICIONES AMBIENTALES, HUMEDAD	160	40	8
20190180	05/02/2019	CORRECTIVO	PP.06	FALLA EN SISTEMA DE FRENO	SE CAMBIÓ DISCO DE FRICCIÓN POR DESGASTE	POR DESGASTE INTERNO DE FRENO	180	24	8
20190356	06/03/2019	CORRECTIVO	PP.06	FALLA EN SISTEMA DE FRENO	SE CAMBIÓ KIT DE FRENO Y CADENA	POR DESGASTE EXTERNO DE FRENO	60	22	8
20190589	23/04/2019	CORRECTIVO	PP.06	FALLA EN SISTEMA DE FRENO	SE CAMBIÓ MÓDULO DE RECTIFICACIÓN DE CORRIENTE	POR FALLA DEL MÓDULO ELECTRÓNICO	20	1	8
20191201	15/07/2019	CORRECTIVO	PP.06	FALLA EN SISTEMA DE TRASLADO	SE RECTIFICÓ HILOS Y SE AJUSTARON PERNOS CON OCTAIL	POR DESPRENDIMIENTO DE PERNOS DE SUJECCIÓN DE TROLLEY	30	8	8
20191562	01/09/2019	CORRECTIVO	PP.06	FALLA EN GUÍA DE CADENA	SE RECTIFICÓ HILOS Y SE CAMBIÓ PERNOS POR MAYOR DIÁMETRO	DESPRENDIMIENTO DE TAPA DE GUÍA DE CADENA	60	16	8
20192300	07/12/2019	CORRECTIVO	PP.06	FALLO EN SISTEMA DE CONTROL	SE REPARÓ LA ROTURA DEL CABLE DE ALIMENTACIÓN	POR ROTURA INTERNA DE CABLE DE ALIMENTACIÓN	6	1	8
20192315	08/12/2019	CORRECTIVO	PP.06	FALLA EN SISTEMA DE TRASLADO	SE DESMONTÓ Y RECTIFICÓ EJE DE RUEDA	RUEDA SE SALIÓ DEL EJE Y SE SENTÓ EN VIGA "H"	10	10	8

Anexo 4. Hoja de identificación de Polipasto de Cadena PP-06.


	<b>SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD</b>	<b>CÓDIGO:</b> OP-001-FOMN
	<b>HOJA DE IDENTIFICACIÓN DE MÁQUINAS Y EQUIPOS</b>	<b>VERISÓN</b> 00
<b>FECHA DE APROBACIÓN:</b> 21-04-13		<b>PÁGINA 1 DE 1</b>

<b>UBICACIÓN:</b> GALVANIZADO (GV)				<b>FOTO DEL EQUIPO O MÁQUINA</b> 			
<b>DENOMINACIÓN:</b> POLIPASTO CON CADENA 2TN			<b>CÓDIGO:</b> PP-06				
<b>MARCA:</b> FEC		<b>SERIE:</b> 14032029				<b>AÑO:</b> 2018	
<b>REPRESENTANTE TÉCNICO LOCAL:</b> FERRENAVAL S.A.C.							
<b>DIRECCIÓN:</b> AV. GUILLERMO DANSEY 354-INT.A2 1ER NIVEL-LIMA			<b>E-MAIL:</b> FERRENAVAL@HOTMAIL.COM				
<b>TELÉFONO:</b> 01-333-3066		<b>HUERTAS:</b> 993-393-882				<b>OTROS:</b> -----	
<b>MOTOR PRINCIPAL:</b> TRIFÁSICO			<b>MOTOR SECUNDARIO:</b> TROLLEY ELÉCTRICO				
<b>MARCA:</b>			<b>MARCA:</b> -----				
<b>POTENCIA:</b> 3KW			<b>POTENCIA:</b> 0.4KW				
<b>TENSIÓN:</b> 220V / 440vac			<b>TENSIÓN:</b> 220V				
<b>EQUIPO AUXILIAR:</b>			<b>OTROS:</b>				
CONTROL COLGANTE			SPEED= 6.6 M/MIN				
CADENA 10 METROS (1 RAMAL)			-----				
<b>FECHA DE ADQUISICIÓN</b>		<b>N° FACTURA/GUÍA</b>				<b>N° DE INVENTARIO</b>	
27/02/2019		-----		006			
<b>MATERIALES Y REPUESTOS DE USO FRECUENTE</b>							
GRASA EP-2 LITHIUM VISTONY(RODAMIENTO)							
S2 A 85W-140 SHELL SPIPAX (CADENA)							
<b>RODAMIENTOS:</b> NTN 6206LU							
<b>OTROS:</b> DISCO DE FRENO							
MANDO PULSADOR 4BOTONES-1EMERGENCY-1RESET							
<b>RODAMIENTO</b> NTN 6009LLUC3 ENTRADA DE REDUCTOR							


## Anexo 5. Juntas de charlas y capacitaciones del Grupo de Revisión MCC.


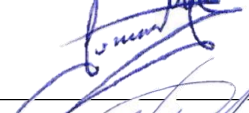
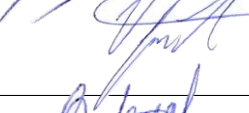
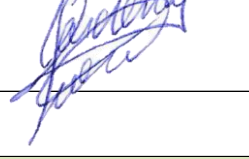

	SISTEMA INTEGRADO DE GESTION	Codigo SG-023-FOSG
		Version 1
Fecha de aprobación 07/05/2014	REGISTRO DE ICESE	Página 1 de 1

DATOS DEL EMPLEADOR:			
<b>RAZÓN SOCIAL</b> GALVANOMETAL PERU S.A.C	<b>RUC</b> 20545109183	<b>DOMICILIO</b> Mz "E" Lt. (Entre Calle 7 y 14). Urb. Las Vertientes – Villa El Salvador	<b>ACTIVIDAD ECONÓMICA</b> Servicio de Galvanizado por inmersión en caliente
MARCAR (X)			
INDUCCIÓN ( )	CAPACITACIÓN ( X )	ENTRENAMIENTO ( )	SIMULACRO DE EMERGENCIA ( )
TEMA:	<b>BASES TEÓRICAS DEL MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD</b>		
FECHA:	22/09/2020		
NOMBRE DEL CAPACITADOR O ENTRENADOR:	Leon Cardenas Jesus Daniel		
N° HORAS:	2 horas		
NOMBRES Y APELLIDOS	N° DNI	ÁREA	FIRMA
GONZALO CARBAJAL, ANÍBAL	43353630	JEFE DEL ÁREA DE GALVANIZADO	
CALDERÓN ASALDE, KEVIN	70469224	ANALISTA DE CALIDAD	
SILVA MONTAÑEZ, JERSIE	42173081	OPERARIO DE GALVANIZADO	
VARGAS ARANGO, LUIS	46916001	MANTENIMIENTO	
LEON CARDENAS, DANIEL	71131953	ENCARGADO DE MANTENIMIENTO	
RESPONSABLE DEL REGISTRO			
Nombre: Leon Cardenas Jesus Daniel			
Cargo: Encargado de Mantenimiento			
Fecha: 22 - 09 - 2020			
Firma:			


	SISTEMA INTEGRADO DE GESTION	Codigo SG-023-FOSG
		Version 1
Fecha de aprobación 07/05/2014	REGISTRO DE ICESE	Pagina 1 de 1

DATOS DEL EMPLEADOR:			
<b>RAZÓN SOCIAL</b> GALVANOMETAL PERU S.A.C	<b>RUC</b> 20545109183	<b>DOMICILIO</b> Mz "E" Lt. (Entre Calle 7 y 14). Urb. Las Vertientes – Villa El Salvador	<b>ACTIVIDAD ECONÓMICA</b> Servicio de Galvanizado por inmersión en caliente
MARCAR (X)			
INDUCCIÓN ( )	CAPACITACIÓN ( X )	ENTRENAMIENTO ( )	SIMULACRO DE EMERGENCIA ( )
TEMA:	<b>DETERMINACIÓN DE SISTEMAS, SUBSISTEMAS, FALLA Y FALLAS FUNCIONALES</b>		
FECHA:	28/09/2020		
NOMBRE DEL CAPACITADOR O ENTRENADOR:	Leon Cardenas Jesus Daniel		
N° HORAS:	3 horas		
NOMBRES Y APELLIDOS	N° DNI	ÁREA	FIRMA
GONZALO CARBAJAL, ANÍBAL	43353630	JEFE DEL ÁREA DE GALVANIZADO	
CALDERÓN ASALDE, KEVIN	70469224	ANALISTA DE CALIDAD	
SILVA MONTAÑEZ, JERSIE	42173081	OPERARIO DE GALVANIZADO	
VARGAS ARANGO, LUIS	46916001	MANTENIMIENTO	
LEON CARDENAS, DANIEL	71131953	ENCARGADO DE MANTENIMIENTO	
RESPONSABLE DEL REGISTRO			
Nombre: Leon Cardenas Jesus Daniel Cargo: Encargado de Mantenimiento Fecha: 28 - 09 - 2020 Firma: 			

	SISTEMA INTEGRADO DE GESTION	Codigo SG-023-FOSG
		Version 1
Fecha de aprobación 07/05/2014	REGISTRO DE ICESI	Pagina 1 de 1

DATOS DEL EMPLEADOR:			
<b>RAZÓN SOCIAL</b> GALVANOMETAL PERU S.A.C	<b>RUC</b> 20545109183	<b>DOMICILIO</b> Mz "E" Lt. (Entre Calle 7 y 14). Urb. Las Vertientes – Villa El Salvador	<b>ACTIVIDAD ECONÓMICA</b> Servicio de Galvanizado por inmersión en caliente
MARCAR (X)			
INDUCCIÓN ( )	CAPACITACIÓN ( X )	ENTRENAMIENTO ( )	SIMULACRO DE EMERGENCIA ( )
TEMA:	<b>REALIZACIÓN DE LOS ANÁLISIS DE LOS MODOS Y EFECTOS DE FALLAS</b>		
FECHA:	05/10/2020		
NOMBRE DEL CAPACITADOR O ENTRENADOR:	Leon Cardenas Jesus Daniel		
N° HORAS:	3.5 horas		
NOMBRES Y APELLIDOS	N° DNI	ÁREA	FIRMA
GONZALO CARBAJAL, ANÍBAL	43353630	JEFE DEL ÁREA DE GALVANIZADO	
CALDERÓN ASALDE, KEVIN	70469224	ANALISTA DE CALIDAD	
SILVA MONTAÑEZ, JERSIE	42173081	OPERARIO DE GALVANIZADO	
VARGAS ARANGO, LUIS	46916001	MANTENIMIENTO	
LEON CARDENAS, DANIEL	71131953	ENCARGADO DE MANTENIMIENTO	
RESPONSABLE DEL REGISTRO			
Nombre: Leon Cardenas Jesus Daniel Cargo: Encargado de Mantenimiento Fecha: 05 - 10 - 2020 Firma: 			



	SISTEMA INTEGRADO DE GESTION	Codigo SG-023-FOSG
		Version 1
Fecha de aprobación 07/05/2014	REGISTRO DE ICESSE	Pagina 1 de 1

DATOS DEL EMPLEADOR:			
<b>RAZÓN SOCIAL</b> GALVANOMETAL PERU S.A.C	<b>RUC</b> 20545109183	<b>DOMICILIO</b> Mz "E" Lt. (Entre Calle 7 y 14). Urb. Las Vertientes – Villa El Salvador	<b>ACTIVIDAD ECONÓMICA</b> Servicio de Galvanizado por inmersión en caliente
MARCAR (X)			
INDUCCIÓN ( )	CAPACITACIÓN ( X )	ENTRENAMIENTO ( )	SIMULACRO DE EMERGENCIA ( )
TEMA:	<b>LEVANTAMIENTO DE DATOS DE LA HOJA DE DECISIÓN MCC</b>		
FECHA:	12/10/2020		
NOMBRE DEL CAPACITADOR O ENTRENADOR:	Leon Cardenas Jesus Daniel		
N° HORAS:	3 horas		
NOMBRES Y APELLIDOS	N° DNI	ÁREA	FIRMA
GONZALO CARBAJAL, ANÍBAL	43353630	JEFE DEL ÁREA DE GALVANIZADO	
CALDERÓN ASALDE, KEVIN	70469224	ANALISTA DE CALIDAD	
SILVA MONTAÑEZ, JERSIE	42173081	OPERARIO DE GALVANIZADO	
VARGAS ARANGO, LUIS	46916001	MANTENIMIENTO	
LEON CARDENAS, DANIEL	71131953	ENCARGADO DE MANTENIMIENTO	
RESPONSABLE DEL REGISTRO			
Nombre: Leon Cardenas Jesus Daniel Cargo: Encargado de Mantenimiento Fecha: 12 - 10 - 2020 Firma: 			